

Die
physikalische Technik
oder
Anleitung
zur Anstellung von
physikalischen Versuchen.

F o l g e n d e
aus dem lithographischen Atelier
von Friedrich Bieweg und Sohn
in Braunschweig.

P a p i e r
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Bieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

physikalische Technik

oder

Anleitung

zur Aufstellung von

physikalischen Versuchen

und zur

Herstellung von physikalischen Apparaten

mit

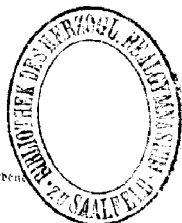
möglichst einfachen Mitteln.

Y_hL.

Von

Dr. J. Frick,

Großherzoglich Badisches Oberlehrer, Ritter des 40jährigen Könen-Ordens

**Dritte vermehrte und verbesserte Auflage.**

Mit 908 in den Text eingedruckten Holzschnitten.

Braunschweig,

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

1864.

656 S. 21 cm

Die Herausgabe einer Uebersetzung in englischer und französischer Sprache, sowie in anderen
modernen Sprachen wird vorbehalten.



91= PH4
63 A 1325(3)

~~Ph 4037²~~

V o r r e d e.

Gründliche Kenntnisse in den Naturwissenschaften lassen sich nur durch eigene Thätigkeit an dem Objecte der Wissenschaft erlangen und keineswegs durch einseitiges Bücherstudium. Gründliche Kenntnisse in der Naturlehre sind aber heutzutage für so viele Stände Bedürfniß geworden, daß die Anstellung physikalischer Versuche nicht nur für den Lehrer der Physik eine Nothwendigkeit geworden ist, sondern eben so sehr für den angehenden Chemiker und Arzt und den praktischen Mechaniker. Außerdem hat sich die Physik zu jeder Zeit einer großen Zahl von Freunden zu erfreuen, die, ohne daß ihr Beruf sie hierzu nöthigt, entweder aus Liebe zur Wissenschaft an sich. oder zur Unterhaltung sich mit physikalischen Versuchen abgeben. Während jedoch der Liebhaber sich meist nur mit Versuchen aus einzelnen Zweigen der Physik beschäftigt, muß sich der Lehrer eine viel allseitigere Übung in der Anstellung von Versuchen erwerben; denn täglich wird der Werth, den die Naturlehre für unsere Unterrichtsanstalten sowohl in formeller als materieller Beziehung hat, mehr anerkannt, wenngleich der materielle Nutzen ihr in den Schulen zuerst den Platz erringen mußte. Soll aber der Unterricht in der Naturlehre wirklich das leisten, was man von ihm erwartet, so muß derselbe — die Methode mag sonst sein, welche sie will — nothwendig durch Versuche unterstützt werden; die Zeiten, wo man mit Kreide allein glaubte ausreichen zu können, sind zum Heile unserer Schulen vorbei.

Um aber den Unterricht durch Versuche zu unterstützen, dazu gehört, außer den nöthigen Geldmitteln zur Anschaffung der Apparate, auch die Übung in der Behandlung derselben. Naturwissenschaftliche und mathematische Lehrerseminare sind bis jetzt nur ausnahmsweise vorhanden, während sel-

ten eine Universität ohne philologisches Seminar besteht. Es liegt hierin eine der Hauptursachen davon, daß der Unterricht in den Naturwissenschaften in unseren Schulen noch so oft hinter den berechtigten Erwartungen der Eltern und des Staates zurückbleibt. Viele Lehrer hatten nämlich weder während ihrer Studien noch nach Vollendung derselben Gelegenheit, die erforderliche Uebung in physikalischen Versuchen zu erlangen, und müssen erst damit anfangen, wenn ihnen als Lehrer Apparate zu Händen kommen, und wie oft hängt außerdem bei kleineren Anstalten die Vertheilung der Unterrichtsfächer davon ab, welcher Lehrer etwa noch 2 bis 4 Stunden wöchentlich übernehmen kann! Ist dann etwa auch noch die erste Anschaffung einem solchen Lehrer in die Hand gegeben, so werden manchmal bei seinem besten Willen die vorhandenen, gewöhnlich spärlichen Mittel, nicht zweckmäßig verwendet, während sie selbst bei zweckmäßiger Verwendung kaum zur Anschaffung des für den Unterricht nöthigsten Apparates ausreichen, und der Lehrer für seine weiteren Studien gar nicht berücksichtigt wird. Diesem Uebelstande läßt sich nur dadurch abhelfen, daß der Lehrer es übernimmt, alle jene Apparate, die nicht gerade besondere Einrichtung der Werkstätte, vorzügliche Arbeitsfähigkeit und sehr genaue Ausführung erfordern, selbst anzufertigen, oder mit Hülfe eines guten Schreiners, Drechslers, Schlossers unter seiner Leitung anfertigen zu lassen. Soll dieses möglich sein, so müssen die Apparate meist auf die einfachste, dem Zwecke noch entsprechende Form zurückgeführt werden.

Letzteres ist insbesondere dann nöthig, wenn die hauptsächlichsten Naturerscheinungen durch Versuche in der Volksschule erklärt werden sollen. Da handelt es sich ganz besonders darum, Versuche zu machen, welche so zu sagen gar nichts kosten, und doch wird es täglich nöthiger, daß auch hierin mehr geschehe als bisher, worin freilich bei der Lehrerbildung selbst der Anfang gemacht werden muß.

Mehr oder weniger sind auch Andere, welche physikalische Versuche anstellen wollen, in demselben Falle, wie der Lehrer, und beim Liebhaber physikalischer Versuche gehört das Selbstanfertigen der erforderlichen Apparate so recht eigentlich mit zur Sache.

Es ist nun Zweck des vorliegenden Buches, einerseits Anleitung zur Anstellung physikalischer Versuche zu geben, und alle die Umstände aufzuzählen, welche das Gelingen derselben sichern, sowie dasjenige zu erörtern, was bei der Anschaffung und der Behandlung der Apparate zu berücksichtigen ist; anderer-

seits soll Anleitung gegeben werden, die meisten Apparate auf billige und zweckmäßige Weise herzustellen.

Vieles von dem, was hier besprochen werden muß, findet sich vereinzelt in den Lehrbüchern der Physik, ist aber denselben mehr oder weniger fremd; vieles kann in einem Lehrbuche keinen Platz finden und vererbte sich gleichsam durch Tradition unter den Physikern.

Aus dem seither Gesagten geht zugleich hervor, daß es sich hier nicht um Versuche handeln könne, durch welche die Wissenschaft gefördert werden soll, sondern nur um Versuche zur Demonstration bekannter Naturgesetze, und selbst solche sind ausgeschlossen worden, wenn sie Gesetze betreffen, welche nur bei einem tieferen Eingehen in die einzelnen Theile der Naturlehre besprochen werden können. Ebenso wenig ist dabei auf eigentliche messende Versuche und die dazu erforderlichen Haupt- und Hilfsapparate Rücksicht genommen. Solche Apparate können nur an Anstalten, die ziemlich reich mit Mitteln versehen sind, angeschafft werden. Bestimmte Grenzen lassen sich allerdings nach den beiden genannten Richtungen hin keine ziehen, und manchem Leser dürfte das Eine, was hier besprochen wird, überflüssig, dagegen anderen manches Fehlende als nothwendig erscheinen; ich bitte dieses mit der Schwierigkeit der Auswahl zu entschuldigen.

Ich hatte nicht die Absicht, eine vollständige Sammlung aller Versuche und aller Apparate zu geben, und es wurden natürlich solche Versuche größtentheils ganz mit Stillschweigen übergangen, bei deren Anstellung lediglich kein besonderer Apparat und keine besondere Vorsicht nöthig ist. Unter mehreren Versuchen zur Bestätigung desselben Gesetzes wurden die leichter ausführbaren, anschaulicheren und wohlfeileren vorzugsweise berücksichtigt.

Was die Anfertigung von Apparaten betrifft, so habe ich mich immer nur bei solchen aufgehalten, welche man bei einiger Arbeitsfähigkeit entweder selbst, oder doch mit Beihülfe eines tüchtigen Handwerksmeisters zu Stande bringen kann, und dahin gehören doch wohl die meisten nur zur Erläuterung der Naturgesetze oder der Wirkung gewisser Instrumente, wie Fernröhren und dergleichen, dienende Apparate. Dinge, wie Luftpumpen, Fernröhren, Mikroskope, zu messenden Versuchen dienende Apparate und dergleichen, bezieht man immer fertig vom Mechanikus. Uebrigens kann man mit Hülfe gewandter Arbeiter sehr vieles machen lassen, wenn man sich nur das Nachsehen nicht verbräßen läßt; deswegen sind in vorliegen-

dem Buche viele Apparate auch in Durchschnitten gezeichnet*). Das Geld, welches man auf diese Weise erspart, kann dann auf Anschaffung kostbarer zum Selbstmachen durchaus nicht geeigneter Apparate verwendet werden und man ist so im Stande, mit wenigen Mitteln mehr zu leisten. Eben darum ist das Buch auch nicht für den eigentlichen Mechaniker bestimmt, sonst hätte gerade der Bau mancher Apparate, wie z. B. der Luftpumpe, bis ins Einzelne hinein erörtert werden müssen. Nur insoweit als der Mechanikus selbst experimentirt und experimentiren muß, wird auch er Manches finden, was für ihn brauchbar ist.

Defter habe ich neben den allereinfachsten auch zusammengesetztere Apparate angegeben, die Wahl richtet sich hier nach Zeit und Mitteln, sowie etwa auch nach besonderen Zwecken, die man beim Unterricht vor Augen hat. Obwohl dieses zum Theile getadelt wurde, so konnte ich bei dieser neuen Auflage doch nur wenig von der getroffenen Wahl abweichen, weil eben andere Leser gerade darin einen Vorzug erkannten.

Wahr ist es, beim Selbstmachen erhält man, besonders anfänglich, nicht immer elegante oder auch nur saubere Arbeit, selbst wenn man die Mühe nicht scheut, von den einzelnen Arbeiten durch fleißigen Besuch der Werkstätten die nöthigen Kenntnisse zu erwerben; allein man erhält doch in der Regel brauchbare Apparate, während man nur zu oft von Mechanikern Gegenstände erhält, die entweder an sich ohne Sachkenntniß gefertigt sind, oder vor der Versendung nicht gehörig untersucht, oder nicht gehörig verpackt wurden. Der Empfänger hat dann die Mühe, gleich von vornherein daran zu flicken, wenn dieses überhaupt noch angeht. Bei allen kostbaren Gegenständen muß man sich darum immer nur an Werkstätten von anerkanntem Rufe halten, wenn man auch die einzelnen Apparate etwas theurer bezahlen müßte.

Ich habe zwar nicht beabsichtigt, die für einzelne Arbeiten erforderlichen technischen Verfahrensweisen zu erörtern, und z. B. gelegentlich auch eine Anleitung zum Drehseln zu geben, und mußte daher die so oft namentlich in Bezug auf Drehseln vorkommenden Kunstausdrücke als bekannt voraussetzen, weil ohne dieses die Beschreibung der Hauptsache meistens zu weitläufig und zerrissen ausgefallen wäre; allein es war doch für den Zweck des Buches erforderlich, die am häufigsten vorkommenden Arbeiten, wie Löthen, Firnissen, Glasblasen, Glasschleifen und dergleichen,

*) Anisometrische Figuren beinahe immer ein Arenverhältniß von 10 : 9 : 5.

näher zu beschreiben. Es sind jedoch nur solche Arbeiten aufgenommen worden, die entweder sehr häufig vorkommen oder für welche man namentlich in kleinen Orten nur selten Jemanden findet, und sie daher fast immer selbst vornehmen muß. Was die hierbei angegebenen Verfahrensweisen betrifft, so weiß ich wohl, daß sie nicht gerade immer die in der Technik wirklich gebräuchlichen und vortheilhaftesten sind, allein es mußte hierbei auf die Ausführung mancher Arbeiten mit möglichst wenigen Hilfsmitteln Rücksicht genommen werden.

Theils eigene Erfahrung, theils die Wünsche erfahrener Freunde haben mich veranlaßt, die Anleitung zu diesen verschiedenen Arbeiten in eine Abtheilung zusammenzuziehen, und daraus den ersten Theil des Buches zu bilden. Es gab dieses Gelegenheit, manche dieser Arbeiten ausführlicher zu besprechen, als es in der ersten Auflage geschehen war. Solche Arbeiten aber, welche gerade nur für einen speciellen Versuch erforderlich sind, wurden an ihrer Stelle belassen, da sie sonst nirgends gesucht werden. Sie werden übrigens mit Hilfe des Registers leicht zu finden sein.

Die ungefähre Größe der Apparate ist stets entweder im Texte oder bei den Figuren angegeben, da ich aus Erfahrung weiß, wie sehr man hierin irren kann. In Bezug auf die hierbei gebrauchten Maße bemerke ich, daß, wo nicht ausdrücklich ein anderes Maß genannt ist, immer der auch sonst verbreitete badische Fuß zu drei Decimeter gebraucht wurde, wovon 1 Zoll = 3 Centimeter und 1 Linie = 3 Millimeter ist. Da übrigens in den meisten Fällen das Maß nur ein ungefähres ist, so kann man auch ein anderes Fußmaß den Zahlen substituiren, und es entsteht also durch dieses particuläre Maß, auch abgesehen von seiner leichten Zurückführbarkeit auf den Meter, kein Nachtheil. Außerdem ist so ziemlich gleich häufig mit dem Fußmaße der Meter selbst gebraucht.

Obgleich ich es im Allgemeinen vermieden hatte, die Apparate mit den Namen derjenigen Physiker zu bezeichnen, welche dieselben zuerst angegeben haben, wenn dieses nicht ganz in den Sprachgebrauch übergegangen ist, wie z. B. bei dem „Bohnenberger'schen Maschinchen“, so hatte ich mich bei der ersten und zweiten Auflage doch in einigen solchen Fällen geirrt. Solche Irrthümer habe ich in dieser neuen Auflage möglichst verbessert und will nur meine frühere Erklärung wiederholen, daß ich es nicht für nöthig hielt, mich in historische Untersuchung über Priori-

tätsrechte einzulassen und jede Berichtigung gern erfahre, nur mögen solche Reclamationen darum auch ohne alle Gereiztheit geschehen.

Was die Anordnung der einzelnen Theile betrifft, so ist sie wohl für den Zweck des Buches nicht gerade sehr wesentlich, und ich habe es daher vorgezogen, mich hierin nach einem der verbreitetsten Lehrbücher zu richten, nämlich nach jenem des Herrn Hofraths und Professors J. Müller zu Freiburg. Aus demselben Buche sind auch mit Genehmigung des Herrn Verfassers manche Figuren entlehnt, weil dadurch das gegenwärtige Buch selbst wohlfeiler werden konnte. Ähnliches ist auch, jedoch seltener, mit den Figuren einiger anderen Werke derselben Verlagshandlung geschehen. Müller's Lehrbuch der Physik enthält auch zugleich so etwa den Umfang physikalischer Kenntnisse, die ich in gegenwärtigem berücksichtigt habe. Derselbe Wunsch, daß das Buch möglichst billig, also auch einer allgemeineren Verbreitung fähig werden möchte, bestimmte mich auch, solche Apparate, wie z. B. die Luftpumpe, deren Wesen in jedem Lehrbuche der Physik beschrieben ist, hier nicht wieder zu beschreiben, sondern, ihre Kenntniß voraussetzend, sogleich die bei ihrer Behandlung oder Anfertigung zu beachtenden Rücksichten anzugeben. Den sonst in der Regel in Lehrbüchern der Physik enthaltenen chemischen Abschnitt habe ich aus demselben Grunde übergangen, weil es für diese Art von Versuchen eigene sehr zweckmäßige Anleitungen giebt.

Mein Versuch einer Anleitung zu physikalischen Experimenten wurde nachsichtiger aufgenommen, als ich bei der Unvollkommenheit desselben erwarten durfte, was wohl am deutlichsten daraus hervorgeht, daß bereits eine dritte Auflage desselben nöthig wurde. Jede Gelegenheit, welche sich mir darbot, habe ich inzwischen benutzt, um die vorhandenen Lücken, so weit es der Plan des Buches erlaubte, auszufüllen, und nicht nur die Verfahrensweisen möglichst klar zu beschreiben, sondern auch Zahl und Maß bestimmter anzugeben. Man möge daher die Verbesserungen dieser Auflage nicht etwa nur nach der Zahl der neuen Figuren beurtheilen. Indessen habe ich auch die neuesten Fortschritte der Physik berücksichtigt, so weit dieselben etwa für einen etwas vollständigeren physikalischen Unterricht bereits verwendbar sind.

Ich wurde in der Vervollständigung dieser wie der zweiten Ausgabe von vielen Freunden und Bekannten durch Mittheilung einfacher Apparate unterstützt. Ihnen allen sei hierfür freundlichst gedankt, sowie der Verlagshandlung, welche diese neue Auflage nicht nur mit zahlreichen, durch

die Zusätze nöthig gewordenen neuen Figuren ausstattete, sondern auch von den Figuren der früheren Auflagen sehr viele neu stechen ließ, wenn dieselben nicht die wünschenswerthe Deutlichkeit und Präcision besaßen. Es ist dieses um so mehr anzuerkennen, als gerade für die Zwecke, welchen dieses Buch dienen soll, die sorgfältigste Ausführung der einzelnen Theile von besonderem Werthe ist.

So möge denn auch diese dritte Auflage eine freundliche Aufnahme finden und das Ihrige zur Förderung des Studiums der Naturlehre beitragen.

Carlsruhe, im Januar 1864.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

Erster Theil.

Behandlung der Apparate im Allgemeinen und Anleitung zu
einigen häufiger vorkommenden Arbeiten.

Erstes Capitel.

Von der Einrichtung des Locals und der Behandlung der Apparate
im Allgemeinen.

	Seite
1. Das Local	1
2. Schränke	2
3. Arbeitstisch und Ofen	—
4. Leuchtgas-Einrichtung	4
5. Oel- und Spirituslampen	6
6. } Werkzeug	7
7. }	7
8. Nöthigste Apparate und Kosten dafür	9
9. }	10
10. } Reinigung und Aufbewahrung der Apparate	10
11. }	10
12. Längenmaße	12
13. Gehlmaße	13

Zweites Capitel.

Von der Bearbeitung des Glases.

14. Die Bearbeitung des Glases überhaupt	13
15. Smirgel	—
16. Das Glasc Schleifen und Bohren	14
17. Einschleifen der Glashöpsel	16
18. Glasstrecken	17
19. Glasblasen	19
20. Einrichtung der Blasvorrichtung	—
21. Die Lampe	23
22. Brennmaterial	24

	Seite
23. Das Blasrohr	25
24. Leuchtgas zum Glasblasen	26
25. Die Neckpille	29
26. Die Löthlampe	—
27. Werkzeuge zum Glasblasen	30
28. Die Wahl des Glases	—
29. Bearbeitung des Glases	31
30. Arbeiten des Glasblasens	32
31. Das Glas schneiden	37
32. Glasäßen	—

Drittes Capitel.

Von der Behandlung der Metalle.

33. Messing und Kupfer	39
34. Das Drahtziehen	—
35. Eisen und Stahl	—
36. Anfertigung von Werkzeugen	41
37. Werkzeuge zur Anfertigung von Schrauben	—
38. Das Schneiden der Schrauben und Muttern	45
39. Metallbohrer	46
40. Andere Werkzeuge	49
41. Das Köthen überhaupt	—
42. Das Reichlöthen	50
43. Das Hartlöthen	51

Viertes Capitel.

Verschiedene andere Arbeiten.

44. Das Leimen	53
45. Das Kitten	54
46. Das Firnissen	55
47. Der Kork	59
48. Kautschuk	61

Zweiter Theil.

Anleitung zu einzelnen physikalischen Versuchen.

Erstes Capitel.

Versuche über das Gleichgewicht der Kräfte.

A. Feste Körper.

49. Allgemeine Bemerkungen	62
50. Das Parallelogramm der Kräfte	63

Inhaltsverzeichnis.

Seite		Seite
25	51. Das Knie	65
26	52. Zusammengesetzte Bewegung	67
29	53. } Die schiefe Ebene	68
—	54. }	
30	55. Die Schraube	70
—	56. Der Keil	71
31	57. Die Rollen	73
32	58. Anfertigung der Rollen	74
37	59. Der Hebel	76
—	60. Das Rad an der Welle und zusammengesetzte Maschinen	80
	61. Der Schwerpunkt	81
	62. Das Gleichgewicht aufgehängter Körper	—
	63. Der Regel, welcher bergan läuft	82
	64. Der chinesische Purzelmann	—
39	65. Standfestigkeit	83
—	66. Die Wage	84
—	67. Anschaffung und Behandlung der Wage überhaut	—
41	68. Das Wägen	86
—	69. Anschaffung der gemeinen Wage	—
45	70. Gewichte	88
46	71. Schnellwage	—
49	72. Brückenwage	89
—	73. Elasticität	90
50	74. Elasticität bei Stäben und Saiten	91
51	75. Gefäßen	92
	76. Adhäsion	—
	B. Versuche über die tropfbar-flüssigen Körper.	
53	77. Gleichförmige Fortpflanzung des Druckes	94
54	78. Der anatomische Heber	98
55	79. Der hydrostatische Blasebalg	99
59	80. Druck auf den Boden	100
61	81. Der Ausbruch des Wassers	102
	82. Communicirende Gefäße	103
	83. Schwimmende Körper	104
	84. Gewichtsverlust untergetauchter Körper	105
	85. Die Cartesischen Taucher	106
	86. Bestimmung des specifischen Gewichtes. a. Mit der Wage	107
	87. b. Mit dem Nicholson'schen Aräometer	109
	88. c. Aräometer mit Scalen. Das Volumeter	111
	89. Prüfung der Aräometer	113
	90. Die Theilmaschine	—
	91. Die Alkoholometer nach Tralles	115
	92. Die Aräometer nach Beck, Beaumé und Cartier	116
	93. Aräometer nach specifischem Gewichte	—
62	94. Haarröhrchen-Ercheinungen und Plateau'sche Seifenhäutchen	123
63	95. Endosmose	125

C. Versuche über elastisch-flüssige Körper.

96. Der Versuch von Toricelli	126
97. Das Barometer	127
98. Das Mariotte'sche Gesetz	130
99. Von der Luftpumpe; Anschaffung derselben	132
100. Behandlung der Luftpumpe	137
101. Kleine Reparaturen einer Luftpumpe	139
102. Versuche mit der Luftpumpe	140
103. Die Windbüchse	151
104. Der Heber	152
105. Der Stachheber	155
106. Der Heronsbrunnen	156
107. Pumpen	158
108. Der intermittirende Brunnen	—
109. Das Manometer	159
110. Die Zündmaschine	160
111. Der Luftballon	163
112. Die Diffusion der Gase	164
113. Absorption der Gase	165
114. Hauchbilder	—

Zweites Capitel.

Versuche über die Bewegung.

A. Versuche über verschiedene Arten der Bewegung.

115. } Der freie Fall	166
116. }	
117. Die Wurfbewegung	169
118. Die Centralbewegung	170
119. Versuche mit der Schwingmaschine	172
120. Das Bohnenberger'sche Maschinen	176
121. Der Foucault'sche Versuch	177
122. Das Pendel	179
123. Pendel mit hörbarem Schläge	184
124. Vom Stöße	186
125. Von der Reibung	188

B. Versuche über Hydrodynamik.

126. Ausfließgeschwindigkeit	190
127. Das Mariotte'sche Gefäß	193
128. Die Beschaffenheit eines senkrecht abwärts fließenden Wasserstrahles	194
129. Das Segner'sche Wasserrad	195
130. Der Stoßheber	—

C. Versuche über die Bewegung der Gase.

131. Das Gasometer	197
132. Das Wassertrommelgebläse	200

Inhaltsverzeichnis.

Seite		Seite
126	133. Fortleitung der Gase in Röhren	200
127	134. Der Versuch von Clement und Desormes	201
130	135. Versuche über die Rauchringe	202
132		
137	Drittes Capitel.	
139	Versuche über Wellenbewegung und Akustik.	
140	136. Schwingungsversuche an Spiralschläuchen	203
151	137. Wasserwellen	204
152	138. Seilwellen	205
155	139. Schwingungsknoten auf Stäben	206
156	140. Schwingungsknoten an Saiten	—
158	141. Schwingungsknoten auf Flächen	207
—	142. Wellen in elastischen Flüssigkeiten	208
159	143. Fortleitung des Schalles in Röhren	210
160	144. Reflexion des Schalles	—
163	145. Die Theorie der Pfeifen	—
164	146. Versuche mit Pfeifen	—
165	147. Die Substanz der Röhre hat keinen Einfluß	211
—	148. Die chemische Harmonika	213
166	149. Der Versuch von Hopkins zur Nachweisung der Schwingungsknoten	214
169	150. Die Sirene	216
170	151. Das Monochord	219
172	152. Longitudinalschwingungen	221
176	153. Die Stimmgabeln	222
177	154. Interferenz der Schallwellen	—
179	155. Herschel's Versuch, von Körremberg ausgeführt	223
184	156. Die Mittheilung der Schallschwingungen	226
186	157. Die Stimmorgane	227
188	158. Das Gehörorgan	228
190		
193	Viertes Capitel.	
194	Versuche über das Licht.	
195	A. Versuche über Fortpflanzung und Stärke des Lichtes.	
—	159. Allgemeine Grörterungen	229
197	160. Das Photometer	230
200	161. Das Photometer von Bunsen	232
	162. Schatten und Halbschatten, Camera clara	233
	B. Versuche über die Zurückwerfung des Lichtes.	
	163. Ebene Spiegel	234
	164. Das Gesetz der Zurückwerfung	235
	165. Der Heliostat	236
	166. Versuche mit dem Hohlspiegel	239
	167. Converspiegel	243

C. Versuche über die Brechung des Lichtes.

168. Elementarversuche	243
169. Totale Reflexion	244
170. Linsengläser	246
171. Von den Prismen	—
172. Versuche mit den Prismen	248
Die Fraunhofer'schen Linien	254
173. Farbige Flammen und das Spectrometer	256
174. Der Regenbogen	257
175. Die chromatische Abweichung	259
176. Die Abweichung wegen der Kugelgestalt	260
177. Fluorescenz	261

D. Versuche über das Sehen und über einige zusammengesetzte optische Instrumente.

178. Das Auge	263
179. Das Sehen	265
180. Stampfer'sches Optometer	266
181. Dauer des Lichteindrucks im Auge. Die Farbenspindel	267
182. Das Thaumatrope	268
183. Die stereoskopischen Scheiben	—
184. Subjective Farben	270
185. Gefärbte Schatten	273
186. Das Stereoskop	—
187. Augenmaß	274
188. Camera obscura	275
189. Das Sonnenmikroskop	276
190. Das zusammengesetzte Mikroskop	278
191. Fernrohren	284
192. Spiegelteleskope	287
193. Laterna magica	288

E. Versuche über Interferenz und Beugung des Lichtes.

194. Der Spiegelversuch	288
195. Versuche mit dem Interferenz-Prisma	293
196. Newton'sche Farbenringe	294
197. Der Versuch von Grimaldi	297
198. }	
199. } Beugungsversuche	299
200. }	

F. Versuche über die Polarisation des Lichtes.

201. Beschaffenheit des polarisirten Lichtes	302
202. Polarisationsapparate	303

Inhaltsverzeichnis.

XIX

Seite

Seite

243

244

246

248

254

256

257

259

260

261

263

265

266

267

268

—

270

273

—

274

275

276

278

284

287

288

288

293

294

297

299

302

303

203. Analysirungsapparate	307
204. Die Turmalinzange	311
205. Das Schleifen der Krystalle	312
206. Fassung der Krystalle	315

G. Versuche über die doppelte Brechung.

207. Doppelspathmodell	316
208. Einzelne Versuche mit dem Doppelspathe	317
209. Nicol'sches Prisma	318

H. Versuche über die Farben doppeltbrechender Krystallplatten im polarisirten Lichte.

210. Herstellung dünner Blättchen	319
211. Versuche mit denselben im Allgemeinen	320
212. Gypsblättchen	321
213. Farbige Ringe bei Krystallplatten	—
214. Objective Darstellung der Erscheinungen	322
215. Zweiarige Krystalle	324
216. Beobachtung der Streifen in Krystallplatten parallel zur Axe	325
217. Kreispolariisation	326
218. Kreispolariisation in Flüssigkeiten	—
219. Polarisationserscheinungen in gehärtetem und gepresstem Glase	327

I. Versuche über die chemische Wirkung des Lichtes.

220. Elementarversuch zur Nachweisung der chemischen Wirkung	328
221. Daguerreotypie	—
222. Photographie	331

Fünftes Capitel.

Versuche über den Magnetismus.

288

293

294

297

299

302

303

223. Behandlung von Eisen und Stahl für magnetische Versuche	337
224. Form der Magnete	338
225. Magnetische Magazine	339
226. Aufbewahrung der Magnete	340
227. Armatur natürlicher Magnete	341
228. Magnethadeln	342
229. Die Bouffele	345
230. Das Magnetisiren	347
231. Der einfache Strich	—
232. Der Doppelstrich	349
233. Hoffer'sche Methode	—
234. Tragkraft der Magnete	350
235. Das Anziehen und Abstoßen der Magnete	351

	Seite
236. Vertheilung des Magnetismus	352
237. Vertheilung des Magnetismus in glühendem Eisen	353
238. Declination der Magnethadel	—
239. Neigung der Magnethadel	354
240. Einfluß des Erdmagnetismus auf das Eisen	356

Sechstes Capitel.

Versuche über die Electricität.

A. Allgemeine Bemerkungen und die Behandlung der Elektrometer und der Elektrisirmaschine.

241. Hollundermark	356
242. Seidenfäden und seidene Schnüre	—
243. Glas	357
244. Guttapercha	—
245. Das Amalgam	—
246. Ketten und Drähte	358
247. Fundamentalversuche	—
248. Die elektrische Hadel	361
249. Coulomb's Elektroskop (Coconfäden)	—
250. Quadrantenelektrometer	363
251. Strohhalmelektrometer. Goldblattelektrometer	364
252. Goldblattelektrometer von Andrießen	365
253. Das Dellmann'sche Elektrometer	366
254. Das Bohnenberger'sche Elektrometer	367
255. Die Coulomb'sche Drehwage	370
256. Ladung der Elektrometer	371
257. Das Probe Scheidchen	—
258. Die Elektrisirmaschine	—
259. Von dem Reiber	372
260. Die Reibzeuge	374
261. Der Conductor	377
262. Die Isolirung	378
263. Winter's Elektrisirmaschine	379
264. Behandlung der Elektrisirmaschine	383
265. Aufbewahrung der Elektrisirmaschine	385
266. Die Dampfelektrisirmaschine	—
267. Der Isolirschmel	386
268. Versuche mit der Elektrisirmaschine	—
269. Vertheilung der Electricität auf der Oberfläche	392
270. Die Wirkung der Spitzen	—
271. Anhäufung der Electricität auf der Oberfläche	393

B. Versuche über die Lehre von der Vertheilung.

272. Apparate zu den Versuchen	396
273. Gebundene Electricität	397

Seite		Seite
352	274. Die Leydnerflasche	399
353	275. Der Auslader	403
—	276. Der Henley'sche allgemeine Auslader	404
354	277. Das Auslade-Elektrometer oder die Maßflasche von Fanne	405
356	278. Versuche mit der Flasche	406
	279. Einzelne Versuche mit der Leydnerflasche	408
	280. Das Elektrophor	417
	281. Lichtenberg'sche Figuren	421
	282. Der Condensator	—

C. Versuche über das elektrische Licht und die Elektrizität durch Druck und Wärme.

356	283. Versuche im Dunkeln	424
357	284. Elektrizität des Turmalins	427
—	285. Elektrizität der Kalkspathe	—

D. Versuche über Elektrizität durch Berührung und die Wirkung der galvanischen Säule.

363	286. Der Froschversuch	428
364	287. Die Fundamentalversuche mit Metallen allein	—
365	288. Fundamentalversuche mit Flüssigkeiten und Metallen	432
366	289. Drahtleitungen durch das Local	433
367	290. Die galvanische Säule	—
370	291. Die Klemmschrauben und Quecksilbernäpfe	437
371	292. Verbesserapparate	440
—	293. Die Hare'sche Spirale	444
—	294. Das Amalgamiren des Zinks	446
372	295. Die Zambonis'sche Säule	447
374	296. Konstante Ketten	449
377	297. Daniell'sche konstante Kette	450
378	298. Die Grove'sche Kette	453
379	299. Die Bunsen'sche Zinkkohlenkette	455
383	300. Die Zinkseifenkette	460
385	301. Spannungsversuche mit der Säule	—
—	302. Physiologische Wirkungen des elektrischen Stromes	461
386	303. Das Blitzrad	462
—	304. Physikalische Wirkungen der Säule (Funken und Wärme)	463
392	305. Messen der Wärme im Schließungsdraht	466
—	306. Sprengversuch	—
393	307. Kälteerregung durch den elektrischen Strom	467
—	308. Chemische Wirkungen der Säule. Wasserzersehung. Voltameter	468
395	309. Polarisation, galvanische	473
397	310. Chlorstickstoffexplosion	474
	311. Zersetzung von Salzen	—
	312. Galvanoplastik	—

	Seite
313. Galvanisches Vergolden und Versilbern	477
314. Behandlung der einzelnen Metalllösungen	481
315. Die farbigen Ringe von Nobili	484
316. Die Becquerel'schen Farben	485
317. Magnetische Wirkung des galvanischen Stromes	486
318. Das Galvanometer	487
319. Das Ueberspinnen des Drahtes	494
320. Die Spinnmaschine	495
321. Die Tangentenboussole	499
322. Die Sinusboussole	505
323. Leitungsfähigkeit und das Ohm'sche Gesetz	506
324. Der Rheostat	507
325. Maß des Leitungswiderstandes	509
326. Leitungsfähigkeit tropfbarer flüssiger Körper	510

E. Versuche über den Elektromagnetismus.

327. Elektromagnete	511
328. Magnetisiren von hartem Stahle	517
329. Benützung der Elektromagnete als bewegende Kraft	518
330. Der elektrische Telegraph	521
331. Das Ampère'sche Gestell	523
332. Der Commutator	525
333. Die beweglichen Leiter	529
334. Abtöschung zwischen den Theilen desselben Stromes	533
335. Schwimmende Ströme	—
336. Inclination bei beweglichen Strömen	534
337. Rotationsapparate	—

F. Versuche über die Induction.

338. Das Aufwickeln überspinnener Drähte	539
339. Bandspiralen	540
340. Die Fundamentalgesetze	541
341. Apparate für kräftigere Wirkungen durch die Induction	542
342. Der Extrastrom	543
343. 344. Die Unterbrechung des Stromes durch den magnetischen Hammer und der Quecksilberunterbrecher	545
345. Der Rein'sche Inductionsapparat	550
346. Extrastrom-Apparat	551
347. Spannungserscheinungen am Inductionsdrahte	—
348. Apparate für hohe Spannung	552
349. Von dem Condensator an den Inductionsapparaten	554
350. Der Entlader an den Inductionsapparaten	556
351. Einzelne Apparate für hohe Spannung	557
352. Spannungsversuche	560
355. Versuche in verdünnten Gasen	562
356. Die Wirkung des Condensators	565

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Seite

477	357. Die mechanischen Wirkungen	565
481	358. Der Funkenanker	—
484	359. Magnetelektrifirmaschinen	566
485	360. Magnetische Erscheinungen rotirender Scheiben	567

486

487

494

495

499

505

506

507

509

510

G. Versuche über Diamagnetismus.

361. 362. Versuche mit Bismuth und anderen festen Körpern	568
---	-----

H. Versuche über die Electricität durch Wärme.

363. Elektrische Ströme mit einem Metalle	570
364. Elektrische Ströme bei Anwendung verschiedenartiger Metalle	—
365. Die Thermosäule	571

Siebentes Capitel.

Versuche über die Wärme.

A. Versuch über die Ausdehnung der Körper.

511

517

518

521

523

525

529

533

—

534

—

366. Thermometer	574
367. Verfertigung von Thermometern	—
368. Das Differentialthermometer von Leslie	583
369. Rutherford's Maximum- und Minimumthermometer	584
370. Ausdehnung der festen Körper	—
371. Wachsen nach dem Gusse	586
372. Ausdehnung tropfbar flüssiger Körper	—
373. Maximum der Dichtigkeit des Wassers	587
374. Ausdehnung elastisch-flüssiger Körper	588

539

540

541

542

543

—

545

550

551

—

552

554

556

557

560

562

565

B. Versuche über die Veränderung des Aggregatzustandes.

375. Latente Wärme des Wassers	—
376. Kältemischungen	589
377. Leichtflüssige Legirungen	591
378. Das Erstarren der Körper	592
379. Krystallisation des Bismuths	593
380. Gesetze der Dampfbildung	—
381. Dampfbildung in ungleich erwärmtem Raume. Condensationsapparat für Gase	596
382. Darstellung einiger Gase	599
383. Versuche mit der Luftpumpe und Aether	600

C. Versuche über die Mischung von Dämpfen mit Gasen.

384. Spannkraft der Dämpfe im luftersfüllten Raume	601
385. Die Abhängigkeit des Siedepunktes vom Luftdruck	602
386. Der Leidenfrost'sche Versuch	606

	Seite
387. Hygrometer	607
388. Latente Wärme des Wasserdampfes	616
389. Der Kühlapparat	617
390. Der Kryophor	618

D. Versuche zur Erläuterung der Dampfmaschine.

391. Heron's rotirende Kugel	618
392. Die Steuerung	619
393. Dampfmaschinenmodelle	620
394. Die Locomotive	—

E. Versuche über die specifische Wärme.

395. Verschiedene Methoden zur Bestimmung derselben; das pneumatische Feuerzeug	626
--	-----

F. Versuche über die Fortpflanzung der Wärme.

396. Fundamentalversuche mit strahlender Wärme	628
397. Die Wärmespiegel	—
398. — 400. Versuche mit den Wärmespiegeln	630
401. Leitung der Wärme bei festen Körpern	636
402. Das Trevellison-Instrument	636
403. Leitungsfähigkeit tropfbar flüssiger Körper	637

G. Versuche über die Verbrennung.

404. Verbrennung von Eisen	639
405. Die Sicherheitslampe	—
406. Farbige Flammen	—
407. Der leuchtende Springbrunnen	640
408. Die Lehre von der Verbrennung des Talges und Wachses u.	641
409. Beaumé's leichter Fluß	—

Erster Theil.

Behandlung der Apparate im Allgemeinen und Anleitung zu einigen häufiger vorkommenden Arbeiten.

Erstes Capitel.

Von der Einrichtung des Locals und der Behandlung der Apparate im Allgemeinen.

Das Local. Zweckmäßige Aufstellung der Apparate und sorgfältige Aufbewahrung derselben erleichtern deren Gebrauch und tragen zu ihrer Erhaltung so wesentlich bei, daß sie für den Liebhaber wie für den Lehrer gleich wichtig sind. Allein nur selten kann hier billigen Wünschen Rechnung getragen werden, nur selten ist der Lehrer im Stande, die erforderlichen Einrichtungen oder Abänderungen noch selbst anordnen zu können. Ist man aber in dem Falle, auf die Herstellung eines Locals Einfluß üben zu können, so suche man wo möglich für den Unterricht in der Naturlehre ein eigenes Lehrzimmer zu erlangen, in welchem sodann die Schulbänke stufelförmig erhöht werden und der Experimentirtisch mit der ersten Bank auf gleichem Boden steht, damit auch die vordersten Zuhörer etwas von oben auf den Tisch sehen können. Ist Gasbeleuchtung im Hause, so muß man dafür sorgen, daß eine Zugstange wie Fig. 5, sich mitten über dem Tische befinde um die nöthigen Brenner (§. 4) mittelst eines Kautschukschlanches anbringen zu können. Diese Einrichtung hängt natürlich nicht mit der Forderung eines eigenen Lehrzimmers zusammen; hat man ein solches und hat also der Experimentirtisch seine bestimmte unveränderliche Stellung, so kann man die Gasleitung auch von unten herauf führen, damit man durch den herabhängenden Gummischlauch nicht gehindert wird. Jedenfalls erhält ein solcher Tisch mehrere Schubfächer, in denen man die täglich nöthigen Dinge verwahren kann. In der Decke muß sich an geeigneter Stelle ein Haken befinden, um mittelst eines

starken, beiderseits hakenförmigen Drahtes die gemeine Wage bequem aufhängen zu können, da man deren zu mancherlei Versuchen bedarf. Ein eigenes Lehrzimmer gewährt — abgesehen von der Bequemlichkeit für den Lehrer — für den Unterricht den großen Vortheil, daß alsdann die einzelnen Versuche stets gehörig vorbereitet werden können, wodurch man ungemein viel Zeit erspart, ganz abgesehen von jener Zeit, welche an der zugemessenen Stunde dadurch verloren geht, daß erst beim Beginne derselben die erforderlichen Apparate herbeigetragen werden müssen.

Kann unmittelbar neben dem Unterrichtszimmer das für die Aufbewahrung der Apparate bestimmte Zimmer erlangt werden, so entspringen daraus um so mehr Vortheile, da man nun beide Localitäten durch eine Thüre verbinden kann. Jedenfalls darf das letztere Zimmer nicht zu weit vom Unterrichtszimmer entfernt, am allerwenigsten in einem andern Stockwerke gelegen sein. Neben ihm muß sich das Laboratorium befinden.

Was die Lage der Zimmer betrifft, so müssen sie wenigstens von einer Seite Sonne haben und mit gut schließenden Läden versehen sein.

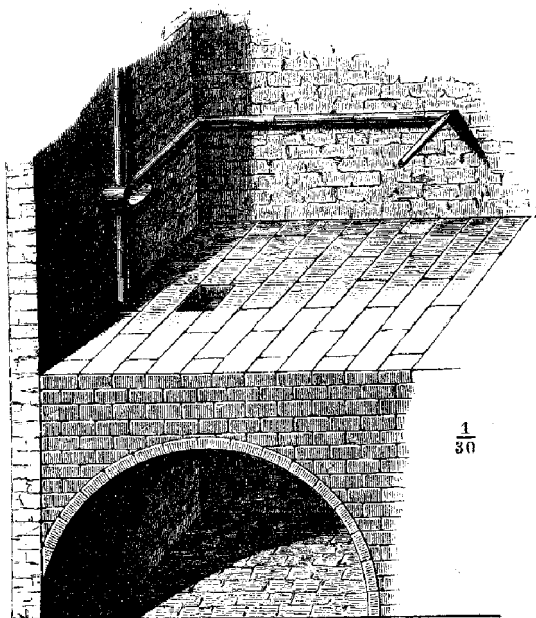
- 2 Zur Aufbewahrung der meisten Apparate dienen Glasschränke von 12 bis 14 Zoll Tiefe, deren untere Abtheilung etwa $2\frac{1}{2}$ bis 3 Fuß hoch ist und hölzerne Thüren erhält; Schiebenster statt der Glas Thürn anzuwenden, ist durchaus unpractisch, theils weil sie sich beim Gebrauch oft feststellen, theils weil es nie möglich ist, den ganzen Schrank zu öffnen, was bei größeren Apparaten doch eine wesentliche Bequemlichkeit gewährt, theils auch weil man die Schiebenster viel eher offen stehen läßt als die Thürn. Die Glasschränke müssen dem vorhandenen Raume ganz angepaßt werden und erhalten eine Höhe von 8 bis 10 Fuß. Es stört dies um so weniger, als man sich leicht einer kleinen Handtreppe mit 3 Stufen bedienen und in die oberen Fächer jene Apparate stellen kann, die man doch gewöhnlich nur einmal im Jahre braucht. Größere Apparate, wie die Luftpumpe, welche nicht in die Schränke gebracht werden können und ihrer Natur nach eingeschmiert sein müssen, werden durch darüber passende Futterale von Pappe vor Staub geschützt. In dem zur Aufbewahrung der Apparate bestimmten Zimmer sollte so wenig als möglich gearbeitet werden.

- 3 Ein geräumiger fester Tisch mit mehreren Schiebflächen ist ein unentbehrliches Möbel im Laboratorium; in einer Fenster niche desselben stellt man eine solide Werkbank von zölligem Eichenholze, an welche der Schraubstock befestigt wird, in einer zweiten Fenster niche die Drehbank auf. Nicht minder nothwendig ist eine Esse mit Gebläs. Die Esse muß so angelegt werden, daß man sich beim Arbeiten nicht völlig im Lichte steht. Für den Blasbalg wird man immer in der Höhe, neben dem Rauchfang Platz finden. Er braucht nicht groß zu sein, etwa 2 bis 4 Quadratfuß reichen unter allen Umständen.

Man läßt sich am besten einen gerade aufgehenden rechteckigen Balg vom Orgelbauer machen; für den Fall aber, daß man hierbei selbst Hand anlegen wollte, würde man im zweiten Capitel beim Glasblasen das Nöthigste finden. Das Rohr, welches den Wind zur Esse führt, wird aus Weißblech 1 bis 2 Zoll weit gemacht und geht zuletzt in das gußeiserne Esseisen über, welches sich an der Mündung bis auf einen halben Zoll vereengt, um für das Schmieden einen gepreßten Wind erzeugen zu können. Das Esseisen ragt etwa $\frac{1}{2}$ Zoll in die Esse hinein und wird unter einem Winkel von etwa 5° gegen den Boden derselben geneigt.

Man giebt dem Windcanal gewöhnlich einen Hahn, um den Wind nach Belieben mäßigen und auch rasch ganz abschließen zu können. Für viele Zwecke ist es angenehm, wenn vom Hahn aus ein Rohr seitwärts geht, wie in Fig. 1;

Fig. 1.



wenn nämlich die Stücke dieses Rohrs nur in einander gesteckt sind, so kann man ihm jede beliebige Richtung geben und es durch ein paar Stützen in derselben erhalten, um so den Wind in eine Kohnleupanne oder einen anderen Ofen leiten zu können. Ein dazu passender Hahn kann vom Blechner hinlänglich schließend gemacht werden; der Kern wird dann auch cylindrisch, wie

Fig. 2 und 3 zeigen, und erhält nur drei Löcher, so daß man den Wind entweder ganz abschließen oder durch das eine oder andere Rohr leiten kann. Die Esse selbst wird nur wenig tief gemacht, 2 Zoll sind ausreichend; ein paar stets bereit stehende Backsteine können schnell darum gestellt werden, wenn man eine tiefere Esse brauchen sollte. Das Kamin soll durch eine Klappe geschlossen werden können, damit es im Winter nicht zu kalt im Laboratorium

Fig. 2.



Fig. 3.



wird; das Rohr des vorhandenen Ofens kann neben der Klappe in das Kamin geleitet werden. Außer der Esse muß in dem geräumigen Herd noch ein Windofen angebracht sein.

Ein besonderer, im Laboratorium befindlicher Glaskasten enthält die nöthigen Chemikalien; die Werkzeuge aber

werden in Rahmen an den mit Holz verkleideten Wänden, namentlich in den Fensterbänken aufgestellt, die kleineren derselben auch wohl in verschiedenen hölzernen oder blechernen Blichsen verwahrt.

- 4 Von ganz besonderem Vortheile ist es, in einem Laboratorium Leuchtgas zu haben, es ist wohlfeiler als Weingeist, reinlicher und bequemer als jede andere Heizung und gewährt eine viel wirksamere Flamme. Ueber dem Herde und den Werkbänken läßt man, je nachdem die Verhältnisse dieses gestatten, Wandarme mit Zugstangen oder von der Decke ausgehende Zugstangen anbringen, welche außer der Oeffnung für die Beleuchtung noch eine zweite mit kurzen conischen Röhrchen haben, um Rantschschläuche aufstecken zu können, Fig. 4 u. 5. Solche Anfaßröhrchen sind immer nöthig, denn wenn man die Schläuche auf die gewöhnlichen Brenner stecken wollte, so würde man meist zu wenig Gas erhalten und immer allerlei Hülfsmittel anwenden müssen, damit sich die Schläuche nicht durch Einklinken verschließen. Zum Erhitzen verwendet man nun besondere Stative, wie Fig. 6, oder sogenannte Bunsen'sche Brenner. Der Brennerträger, Fig. 6, besteht aus einem hölzernen (dann mit Blei ausgegossenem) oder metallenen Fasse *a*, in welchem durch die Schraube *b* der Stiel *c* in beliebiger Höhe festgestellt werden kann. Letzterer trägt den mit einem conischen Zuleiter versehenen Gasbehälter *d*, auf welchem ein Brenner — am besten einer mit mehreren kleinen Löchern — aufgeschraubt wird. Auf den cylindrischen Theil unterhalb des Brenners paßt der dreiarmige Träger, Fig. 7 und 8, und auf die inneren Einschnitte desselben das Blechrohr, Fig. 9, auf welches ein Stück groben Drahttuches gebunden ist, circa 1600 Maschen auf den Quadratzoll. Das Blechrohr muß etwa 2 Zoll über die Oeffnungen heraufragen, aus welchen das Gas kommt. Das Gas mischt sich hier mit atmosphärischer Luft und giebt eine blaue nicht rauchende Flamme; man hat hiebei das Feuer mittelst des Hahns vor dem

Schlauche vollständig in seiner Gewalt und kann rasch von großer Flamme auf die kleinste, kaum noch sichtbare, übergehen. Für große Flammen ist es manchmal vorthailhaft, ein zweites conisches, etwas höheres Blechrohr, noch um das erste zu stellen und dafür sind die äußeren Einschnitte in dem Träger. Fig. 7 und 8.

Eine concentrirtere und auch im Verhältniß zum Gasverbrauch größere

Fig. 5.

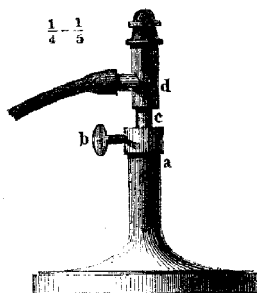


Fig. 4.

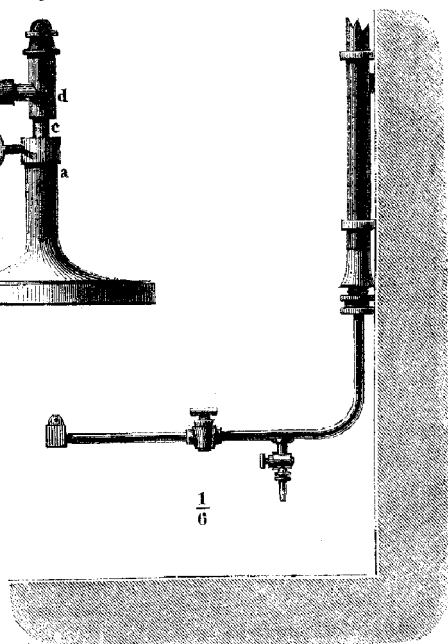


Fig. 6.

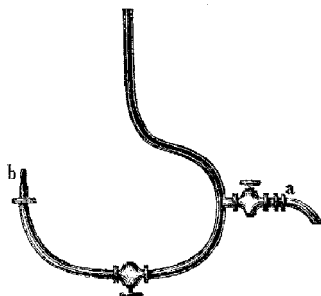


Fig. 7.

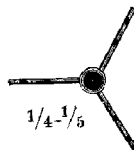


Fig. 8.

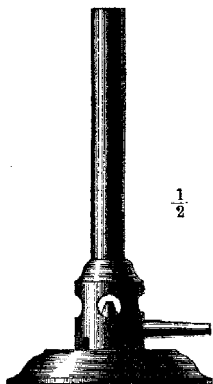


Fig. 9.



Hitze giebt der sogenannte Bunsen'sche Brenner. Fig. 10. Bei diesem strömt das Gas aus einer runden Oeffnung von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Millimeter Weite in eine

Fig. 10.



60 bis 90 Millimeter lange und 8 bis 10 Millimeter weite Röhre; diese hat bei der Ausflußöffnung mehrere Löcher, durch welche atmosphärische Luft eintritt. Das Gas brennt dann erst an der oberen Oeffnung der Röhre mit Geräusch. Man hat hier die Flamme nicht so in seiner Gewalt, weil dieselbe, so wie der Druck an der Ausflußöffnung über ein gewisses Maas vermindert wird, auf die Ausflußöffnung zurückschlägt, weiß brennt, rußt und den Brenner bis zum Aufgehen der Röhren erhitzt; will man hier klein brennen, so muß man ebenfalls ein Drahtnetz auf die Röhre stecken und es wieder entfernen, wenn man die volle Wirkung wünscht. Bequem ist es, wenn der Brenner mittelst zweier unterhalb durchgehender

der Löcher an eine Gabel gesteckt werden kann, die sich an einem Stativ verstellen läßt.

- 5 Wo man kein Gas hat, bleibt Weingeist das einzige Brennmaterial für bewegliche Lampen. In der Regel verwendet man dazu gläserne Lampen mit aufgeschliffener Kapel und seitlichem Einguß. Braucht man jedoch stärkeres Feuer, so muß man Lampen mit doppeltem Luftzuge anwenden, wo dann der Weingeistbehälter einen seitlichen Stand erhält; solche Lampen sind nämlich von Blech und erhitzen sich sehr, wodurch Weingeist unnötig verdampft. Weißblech ist nicht wohl zu verwenden, da es außerordentlich schnell von Rost zerfressen wird, wenn auch nur die kleinste Stelle, nur eine Schnittfläche, unverzinkt bleibt. Man kann eine gewöhnliche Argant'sche Dellampe mit hohlem Docht verwenden; statt des Zugglases wird dann eine etwa 2 Zoll hohe Blechröhre angewendet.

Einige für specielle Zwecke bestimmte Gasapparate werden später vorkommen. Uebrigens ist die hier beschriebene Einrichtung, wenn einmal überhaupt Gas in das Haus kommt, mit so geringer Mehrausgabe verknüpft, daß dieselbe gegen die erreichte Bequemlichkeit in gar keinen Vergleich kommt.

Man wird vielleicht diese Anforderungen, namentlich für ein Gymnasium, Pöceum, eine höhere Bürgerschule, sehr hoch finden; aber sie sind kaum zu ermäßigen, wenn der Unterricht mit Erfolg erteilt werden und der Lehrer selber sein Fach nicht etwa nur aus Büchern betreiben und lehren soll. Daß dabei ein eigentlich chemischer Unterricht noch nicht berücksichtigt ist, leuchtet von selbst

ein, sowie daß das Zusammendrängen einer chemischen und mechanischen Werkstätte in einem Locale noch manche Uebelstände für die stählernen und eisernen Werkzeuge nach sich führen muß.

Wo die Umstände es gestatten, sollte man immer auf eine Trennung dieser beiden Werkstätten hinwirken, selbst wenn man dadurch etwas an Raum verlieren mußte.

Will oder kann der Lehrer seine Zeit darauf verwenden, alle diejenigen 6 Apparate, bei welchen solches nach der in diesem Buche gegebenen Anleitung möglich ist, selbst anzufertigen, oder doch unter seiner Anleitung von geschickten Arbeitern anfertigen zu lassen, so muß er vor Allem auf die Anschaffung der nöthigsten Werkzeuge denken, deren Zahl übrigens nicht groß ist, da man sich die meisten derselben je nach dem Bedarf selbst herrichten kann, und man doch immer alle größeren Arbeiten von einem geschickten Handwerker ausführen läßt, während man sich selbst nur die Zusammenfügung, Einpassung u. dgl. vorbehält. Die hierzu nöthige Arbeitsfähigkeit erwirbt man sich bald und um so schneller, wenn man bei dem Nachsehen und Bestellen in den Werkstätten ein aufmerksamer Beobachter ist; denn die in diesem Buche vorkommenden Anleitungen für einzelne Arbeiten betreffen, das Pöthen ausgenommen, meist nur solche Arbeiten, für die man in kleineren und mittleren Städten gewöhnlich Niemanden finden kann, die man also selbst versuchen muß, ohne sie je vorher gesehen zu haben.

An Werkzeugen würde ich Folgendes zur ersten Anschaffung vorschlagen:

- 1) Ein Schraubstock von etwa 20 Pfund.
- 2) Eine Anzahl Feilen und ein Feilkloben.
- 3) Ein Nasebalg nebst Köschspieß, Schmiedebezange, Herdshantel und Kohlenzange.
- 4) Ein Sperrhorn von 25 bis 30 Pfund.
- 5) Ein paar Hämmer von 2 bis $\frac{1}{4}$ Pfund.
- 6) Eine Beißzange.
- 7) Zwei flache und zwei runde Drahtzangen.
- 8) Eine Blechschere.
- 9) Eine kleine Drehbank.
- 10) Ein Flachmeißel und ein Hohlmeißel für Holzdreherei.
- 11) Eine Anzahl Köffel- und Centrumborher an die Drehbank.
- 12) Ein Windelborher mit den nöthigen Centrum-, Köffel- und Spizborhern.
- 13) Eine Schraubentuppe, womit man ganz feine und bis etwa 2 bis 3 Linien dicke Schrauben bearbeiten kann.
- 14) Eine Metallsäge.
- 15) Ein Greifzirkel.
- 16) Ein Randerirrad.

- 17) Ein sogenannter englischer Schraubenschlüssel.
- 18) Ein Schropp und ein Schlichthobel — als Hobelbank dient dabei der Schraubstock.
- 19) Ein paar Stemmeisen und Raspeln.
- 20) Eine Schweissäge für Holz.
- 21) Ein paar Schraubzwingen von verschiedener Größe.
- 22) Eine Leimpfanne.
- 23) Ein Handbeil.
- 24) Ein Schleifstein (Läufer) nebst Abzugstein.
- 25) Eine Kohlenpfanne nebst Handblasematg.
- 26) Eine gewöhnliche Weingeislampe mit etwas dickem Docht.
- 27) Ein Löthrohr.
- 28) Ein Löthkolben.
- 29) Ein Glasblasetisch.
- 30) Eine gewöhnliche etwas starke Schere.
- 31) Ein kleiner Mörtel.
- 32) Eine porzellanene Reibschale.
- 33) Ein eiserner Winkel mit Anschlag.
- 34) Ein Glaserdiamant und ein sogenannter Kräger zum Zeichnen auf Glas.

Diese Dinge zusammen dürften etwa 100 bis 130 Fl. kosten, wobei ich die Drehbank zu 44 Fl. veranschlage. Je nach ihrer Vollkommenheit ist der Preis für dieselben allerdings sehr verschieden; man wird aber beim Kauf nicht wohl wohlfeiler durchkommen. Man kann hier um so weniger sparen, als die Drehbank das wesentlichste Stück der Einrichtung ist und jedenfalls so viel kostet, daß man nicht leicht später eine bessere anschaffen kann. Weiß man daher die Beschaffenheit, welche eine Drehbank für so kleine mechanische Arbeiten haben muß, nicht aus eigener Erfahrung zu bestimmen, so unterlasse man nicht, sachverständige Leute zu Rathe ziehen, und zwar unter Berücksichtigung des vorhandenen Locals. Wo die Mittel es erlauben, würde ich unbedingt gußeiserne Backen und Keilstöcke vorschlagen. Die Axt muß zum Anstecken von Schraubenpatronen eingerichtet sein und auf der Arbeitsseite ein äußeres und inneres Gewinde haben. Man bedarf zweier Schmirrollen, deren eine von etwa 8 Zoll Durchmesser zum Eisendrehen, die andere von 3 bis 4 Zoll für Holz und Messing bestimmt ist. Das Schwungrad soll nicht unter 50 Pfund wiegen bei etwa 2 1/2 Fuß Durchmesser. Kann man größere Mittel auf eine solche Drehbank verwenden, so sehe man darauf, daß außer einem größeren eisernen Hohlutter für Holz noch folgende Ansätze an die Spindel vorhanden seien: 1) ein Dreispitz für Holz; 2) 3 bis 4 harte stählerne Futter mit kleinen viereckigen Oeffnungen von 2 bis 6 Millimeter Seite, um Bohrer hineinzustecken, und dünnere Metall-

stücke behufs des Abdrehens; 3) ein Mitnehmer; 4) ein Schraubenfutter, am besten mit auf einer Scheibe verstellbaren Köpfen. Einige weitere Aufsätze, wie mit Schraubenmuttern und Schrauben, welche die Gewinde haben, die man im Schneidezeug hat, u. dgl. mehr, wird man sich schon nach und nach herstellen. Ueberall, wo es die Umstände erlauben, würde ich die Anschaffung eines Sup-
portfix anrathen, weil es gerade für den ungeübteren Arbeiter von größerem Vortheile ist, während ein geübter Dreher recht wohl auch ohne denselben einen Cylinder drehen kann.

Außer den Werkzeugen muß man sich bald einen kleinen Vorrath von verschiedenem Holze verschaffen und an lustigem, trockenem Orte aufbewahren, wobei man besonders auf Weißbuche, Nußbaum, Kirschbaum und Linde zu sehen hat. Wenn man hierin nicht vorsorgt, so kommt man durch das starke Schwinden des frischen Holzes in viele Verlegenheiten.

Mit den angeführten Werkzeugen ist man nun im Stande, sich nach und nach, je nach Bedürfniß, eine ordentliche Werkstätte einzurichten, indem man sich z. B. die übrigen Drechslerwerkzeuge, Reibahlen, Metallbohrer, Schraubenbohrer u. dgl. aus Stahl selbst anfertigt. Allerdings fällt es anfänglich schwer, denn wenn man auch nur eine Kleinigkeit machen will, muß man zuerst das erforderliche Werkzeug dazu machen. Allein dieses ist doch bald überwunden, und man muß sich auch mit Wenigem zu helfen wissen; man muß eben, nach Franklin, „mit dem Bohrer sägen und mit der Säge bohren lernen“.

Will oder kann man sich nicht auf eine vollständigere Werkstatteinrichtung 7 einlassen, so genügen nach obigem Sage auch folgende Stücke:

- 1) Ein kleiner Schraubstock mit Anboß.
- 2) Ein Feilkloben.
- 3) Ein Glattschwächchen mit Horn.
- 4) Eine Beißzange.
- 5) u. 6) Eine flache und eine runde Drahtzange.
- 7) u. 8) Zwei Hämmer.
- 9) Ein paar Feilen und Raspeln.
- 10) Ein paar Bohrer.

Sie werden zusammen etwa 8 bis 10 Fl. kosten und dürfen so ziemlich das Minimum sein, was hierauf verwendet werden muß.

Die Anschaffung der Apparate selbst hängt einerseits von den vorhandenen 8 Geldmitteln ab, andererseits von dem Umfange und der besonderen Richtung, in welcher der Unterricht in der Naturlehre zu erteilen ist. Es wird daher diese Frage um so weniger eine allgemeine Beantwortung zulassen, als dieselbe auch dadurch bedingt ist, welche Apparate der Lehrer selbst anfertigen, oder nach den örtlichen Verhältnissen nach und nach anfertigen lassen kann. Ist der Lehrer

als solcher selbst noch Anfänger, so überlasse er die Bestellungen nicht und verwende die bewilligten Gelder lieber nach und nach im Laufe von 1 bis 2 Jahren, wie ihn das Bedürfniß des Unterrichts belehrt; wenn es auch nur deswegen wäre, um in der Zwischenzeit durch angeknüpfte Bekanntschaften die Bezugsquellen besser kennen zu lernen.

Unter der Voraussetzung nun, daß man die Mehrzahl der Apparate selbst anfertigen lassen könne, dürften etwa folgende Gegenstände sogleich beim Mechanicus zu bestellen sein, wenn sich der Unterricht nur auf das Allernothwendigste beschränkt:

1) Gemeine Wage von 5 — 10 Pfund Tragkraft	8 Fl.
2) Verschiedene Aräometer	6 "
3) Quecksilberbarometer mit Stöpselverschluß	11 "
4) Luftpumpe nebst Zubehör	200 "
5) Modell einer Saug- und Druckpumpe, Stiefel von Glas.	15 "
6) Concav-, Convex-, Planspiegel, alle von Glas.	5 "
7) Prisma, wo möglich von Flintglas	7 "
8) Großes Converglas nebst einigen kleineren und einem Con- cavglase	5 "
9) Terrestrisches achromatisches Fernrohr mit 12 bis 20 maliger Vergrößerung	11 "
10) Zusammengesetztes achromatisches Mikroskop	22 "
11) Thermometer, die Scale in Glas	3 "
12) Wasserhammer	1 "
13) Eisensmagnet, 18 bis 20 Pfund tragend.	10 "
14) Magnethadel mit Achathüttchen	3 "
15) Elektrisirmaschine	44 "
16) Sechs Kohlenzinkelemente	10 "
<hr/>	
	361 Fl.

Hierzu für Werkzeuge und Arbeitslohn für das, was man bei
verschiedenen Handwerkern machen läßt, sowie für Material . . . 340 Fl.

701 Fl.

Also könnte man bei einem einmaligen Aufwande von 7 bis 800 Fl. und einem jährlichen Aversum von wenigstens anfänglich 100 Fl. in wenigen Jahren zu einem physikalischen Apparate kommen, mit welchem sich ein sehr gründlicher Schulunterricht in der Naturlehre ertheilen ließe.

9 Jeder Apparat muß einmal, soweit es angeht, zerlegt werden, damit man seine Construction genau kenne und sich auf das Arbeiten mit demselben einstudire.

Manche Exemplare haben nämlich eigenthümliche Fehler, oder doch Un-

sicherheiten, denen man nur durch bestimmte Maßregeln vorbeugen kann. Ist letzteres bei einem Apparate der Fall, so wird es gut sein, das Verfahren genau aufzuschreiben, durch welches man sicher die gewünschten Versuche zu Stande bringen kann, und dieses Papier dem Apparate selbst beizulegen.

Ebenso richtet man alle Nebendinge, Drähte, Haken u. dgl., die man bei einem Versuche gebraucht, für diesen besonders zu und legt sie dem Hauptapparate bei. Führt man ein geordnetes Inventar, so sollten solche Stücke ihre besonderen Nummern erhalten und ihr Zweck kurz im Inventar bemerkt sein. Es ist solches schon für den vorthellhaft, welcher zuerst den Apparat gebraucht, noch mehr aber für einen Nachfolger.

So oft Apparate gebraucht werden, sollen sie gereinigt und an ihre bestimmte Stelle zurückgebracht werden. Die Aufbewahrung muß, so viel es die Verhältnisse gestatten, in systematischer Ordnung geschehen.

Glaswaaren werden am besten mit Weingeist und Fliesspapier gereinigt und mit reiner Leinwand abgetrocknet. Messingene Theile, welche Strich haben, müssen immer nur in der Richtung dieses Striches gerieben werden; man nimmt dazu Leinwand und feinen Trippel, oder geschlämmte Kreide, mit verdünntem Weingeist. In der Regel sind jedoch Messing-Gegenstände gefirnißt, und in diesem Falle kann nur ein Abreiben mit reinem Fliesspapier und mit feiner Leinwand stattfinden; aber auch dieses muß in der Richtung geschehen, in welcher der Strich des Gegenstandes läuft. Gegenstände, welche häufig gebraucht werden, soll man aber nie firnissen; denn der Firniß reibt sich stellenweise bald ab, wodurch die Gegenstände unansehnlich werden. In solchem Falle putze man nur den Firniß mit Weingeist ganz weg, sobald sich die Flecken zeigen.

Eiserne Gegenstände haben selten Firniß, man reinigt sie durch Abreiben mit Fliesspapier und ein wenig Del, so daß stets eine feine Schicht Baumöl darauf bleibt. Wird ein stärkeres Putzen nöthig, so nimmt man nebst Del ein geschlämmtes Smirgel auf das Fliesspapier, oder man nimmt Smirgelpapier, welches man in jeder Feinheit bekommen kann.

Wäre letzteres nicht der Fall, so kann man sich Smirgelpapier wohl auch selbst machen; doch erreicht man hierbei nicht leicht ein so festes Anhaften des Smirgels, wie bei dem durch eigene Maschinen gefertigten. Smirgelpapier bereitet man auf die Weise, daß man gutes Schreibpapier, gleichförmig, aber dünn, mit starkem Leim bestreicht, dann mittelst Flor Smirgel gleichförmig darauf bentelt, den Bogen zuschlägt, so daß die bestreuten Seiten gegen einander zu liegen kommen, und dann mehrere Bogen zugleich zwischen zwei Brettern unter mäßigem Drucke trocknen läßt; den überflüssigen, nicht angeleimten Smirgel schüttelt man nachher aus.

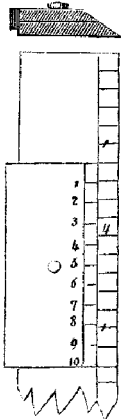
Außerdem, daß man die Apparate rein hält, gehört auch zu deren Erhaltung, daß man nicht daran herumdrehe oder damit spiele, wenn man sie nicht gerade zu

einem Versuche gebraucht, weil man dann die Aufmerksamkeit gern auf etwas Anderes lenkt und darüber an dem Apparate etwas zerbricht.

- 12 Einen wichtigen Theil des physikalischen Apparates bilden die Maaße, und es ist für Jeden, der sich mit physikalischen Versuchen abzugeben hat, nothwendig, die verschiedenen gebräuchlichen Maaßstäbe zu besitzen, um ohne lange Reductionen die einzelnen Angaben verstehen und ausführen zu können. Man wird hierbei am einfachsten zum Zwecke kommen, wenn man sich aus einem recht alten, wo möglich schon lange als dünnerer Stab herumliegenden Holze von Apfelbaum einen vierkantigen Stab machen läßt von quadratischem Querschnitte zu etwa $\frac{1}{2}$ Zoll Breite, und so lang, daß ein ganzes Meter darauf Platz hat. Auf diesen Stab, dessen Enden genau rechtwinklig abgeschnitten sein müssen, wofür man mit der Feile wohl selbst sorgen kann, trägt man an einer Nichtstätte sein heimatliches Maaß nach dem dort aufbewahrten Muttermaaße bei bestimmter Temperatur — was übrigens auf Holz wenig Einfluß hat — selbst so oft auf, als es durch den Muttermaaßstab auf einmal geschehen kann, und theilt sofort den ganzen Maaßstab in Zolle ein. So hat man nun wenigstens eine Länge, von der man weiß, wie weit sie genau ist; bei gekauften, und selbst bei amtlich gestempelten Maaßstäben ist dieses durchaus nicht der Fall, man mißt dieselben denn auch sehr vertrauter und sicherer Hand erhalten. Für die Linien kann man sich dann immer entsprechende Transversalmaaßstäbe auf Papier zeichnen, und für den gewöhnlichen Gebrauch einen hölzernen Maaßstab oder ein Bandmaaß im Laden ansuchen, dessen Richtigkeit man selbst zuerst controlirt.

Auf die übrigen drei Seiten des erwähnten Grundmaaßes werden nachher

Fig. 11.



dreie andere gebräuchliche Maaßstäbe aufgetragen, indem man ihre Längen durch Rechnung bestimmt und dann eintheilt. Die Theilungen müssen gegen einander so viel als möglich durch Berechnung kleinerer Theile controlirt werden, damit die verschiedenen Maaßstäbe unter sich harmoniren. Ein Meter, durchweg in Centimeter getheilt, darf darunter nicht fehlen.

Für jede genauere Messung ist aber die Kenntniß des Nonius unerlässlich; seine Erklärung kann daher beim Unterrichte auch nicht übergangen werden. Da aber ein Nonius an sich schon klein und darum zur ersten Erklärung unpassend, ist, so lasse man sich einen hölzernen, durchweg in Zolle getheilten Maaßstab von 4 bis 6 Fuß machen (Fig. 11), auf welchem ein zweiter entsprechend als Nonius getheilter Stab, der mit einem Knopfe und einer Anschlagleiste versehen ist, verschoben werden kann. Sind die Stäbe von Ahorn und die Striche gut eingeschwärzt, so kann man die

Behandlung des Nonius für ein ganzes Auditorium zugleich erläutern, indem man den Zoll durch den Nonius in kleinere Theile theilt.

Hohlmaasse. Genauere Hohlmaasse, als sie der tägliche Gebrauch 13 liefert, wird man nicht leicht nöthig haben; wo sie aber erforderlich sein sollten, bedient man sich besser der entsprechenden Gewichte. Für den Fall jedoch, daß man durchaus ein genaues Maaß haben wollte, müßte es aus Metall von cylindrischer Gestalt bestehen, und die Höhe müßte zur Weite das übliche gesetzliche Verhältniß erhalten. Das genaue Maaßen solcher Maaße hat übrigens mancherlei Schwierigkeiten, wenn dieselben durch das verlangte Maaß zum Abstreichen gefüllt werden sollen. Ist dieses letztere nicht der Fall — und für den physikalischen Gebrauch ist es nie nöthig —, so aicht man sich ein beliebiges Glasgefäß auf der Wage durch das berechnete Gewicht Wasser. Eine Glasröhre von etwa $\frac{1}{2}$ bis 1 Zoll Weite, welche auf diese Art von Gramm zu Gramm — Cubiccentimeter — mit Wasser gewicht wurde, ist bei manchen Versuchen bequemt. Die Theilstriche werden mit dem Diamant gemacht und richten sich nach der horizontalen Fläche des Wassers, nicht nach dem gehobenen Rande desselben. Man kann die Striche auch einäßen, wovon im folgenden Capitel näher die Rede sein wird. Uebrigens bekommt man engere und weitere Glaschylinder mit Fuß schon in Cubiccentimeter getheilt in allen jenen Handlungen, welche chemische Geräthschaften verkaufen.

Zweites Capitel.

Von der Bearbeitung des Glases.

Die Bearbeitung des Glases ist es, für welche man in kleineren Städten 14 selten Jemanden hat, welche daher immer dem Physiker selbst anheim fällt; sie soll darum auch im Folgenden ausführlicher behandelt werden, als dieses bei anderen Arbeiten der Fall ist, um so mehr, als das Glas so häufig gebraucht und seine Behandlung so mannigfaltig ist.

Smirgel ist für die Bearbeitung des Glases ein sehr wichtiges Material, 15 und es mag darum dessen Zubereitung, soweit sie häufig dem Physiker überlassen bleibt, hier besprochen werden. Der im Handel vorkommende Smirgel ist nämlich nicht immer gehörig sortirt, der feinste Staub ist mit groben Körnern vermischt, und die Trennung in verschiedene Sorten muß erst durch Schlämmen bewirkt werden. Zu diesem Zwecke rührt man den käuflichen Smirgel mit etwa zehn-

mal so viel Wasser tüchtig zusammen, ohne aber das Wasser dabei in kreisförmige Bewegung zu versetzen, und gießt sogleich das Wasser von dem Bodensatz in ein anderes Gefäß ab; aus diesem gießt man es nach etwa 3 bis 5 Minuten abermals vom Bodensatz ab in ein drittes Gefäß, in welchem man sich entweder den Rest absetzen läßt oder aus dem man nach 5 bis 10 Minuten nochmals abgießt. Man erhält so drei bis vier verschiedene Sorten Smirgel, unter deren erster sich aber sehr oft auch Streusand befindet, der betrügerisch dem Smirgel beigemengt wird; sie werden auf Fließpapier gesammelt, getrocknet und mit der gehörigen Aufschrift versehen aufbewahrt. Die Glasschleifer haben Smirgel nach $\frac{1}{4}$ Minute (zwischen $\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{2}$ Minute abgesetzt), dann Smirgel nach 1, 2, 6, 15, 30 Minuten. Smirgel von größerem Korne, als dem des Goldsand, bekommt man im Handel gewöhnlich gut sortirt.

Außer Smirgel bedarf man zur Politur gewöhnlich Englisch Roth. So wie es im Handel vorkommt, hat es ebenfalls das Schlämmen nöthig, aber es muß zuerst mit wenig Wasser recht durchgearbeitet werden und man macht nur zwei Abgüsse nach dem ersten, dessen Bodensatz wie beim Smirgel unbranchbar ist und zwar nach etwa 5 und 15 Minuten. Für die feinste Politur wird das Polirroth aus oxalsaurem Eisenoxydul eigens bereitet. Zinkweiß, auf gleiche Weise behandelt, kann ebenso verwendet werden und soll noch vorzuziehen sein.

Bevor die Polirmittel angewendet werden, nimmt man, um das feinste Matt hervorzubringen, Quarzpulver, aus geglähtem und zerriebnem gemeinem Quarz, was wie Smirgel geschlännt wurde.

- 16 Das Glasschleifen und Bohren.** Dester kommt man in den Fall, Glocken oder ähnliche Gegenstände für die Luftpumpe und andere Apparate eben, Glastafeln matt oder überhaupt ein Stück Glas zu irgend einem Zwecke zurecht schleifen zu müssen. Das Rohschleifen geschieht hier am einfachsten auf einer ebenen alten gußeisernen Platte mit Goldsand oder grobem Smirgel und Wasser; das Ebschleifen geschieht, nachdem das Glas im vollen Wasserstrahle abgespült wurde, auf einer alten Spiegelplatte mit geschlänntem Smirgel und Wasser. Die hierzu verwendeten Eisenplatten und Glasplatten halten freilich nicht lange, da sie — namentlich die Glasplatten — sehr bald concav werden und mit anderen vertauscht werden müssen. Zwei Glasplatten können allenfalls auf einander wieder mit Sand eben geschliffen werden, ebenso zwei Eisenplatten. Ganz besonders geeignet zum Ebenrichten von Glasglocken u. dergl. sind die sogenannten gußeisernen Planscheiben, wie man sie in den mechanischen Werkstätten trifft; sie werden aber nur zur letzten Vollendung gebraucht, um sie selbst länger brauchbar zu erhalten.

Sollte die Glasplatte des Tellers einer Luftpumpe brechen, so käme es dar-

auf an, ob man einen Glaser hätte, der ein Stück Spiegelglas von der erforderlichen Stärke rund schneiden könnte; der Rand würde dann auf der Eisenplatte abgerundet und die mittlere Oeffnung ließe sich bei jedem Drechsel mittelst einer auf Holz gefitteten Kupfermünze mit Del und Smirgel leicht hineinschleifen. Zum Abrunden einer solchen Glasscheibe kann vortheilhaft ein gewöhnlicher Schleifstein verwendet werden, eine nur eßig zugeschnittene Glasscheibe läßt sich darauf mit einiger Geduld rund bringen.

Das Bohren von Löchern in Glas geschieht jedoch schneller und sicherer als mittelst einer Kupfermünze, wenn man einen eisernen oder lieber kupfernen Ring von $\frac{1}{2}$ Linie Dicke auf die Drehbank an ein Holzfutter so richtet, daß er innen und außen rund läuft und dann auf das Glas eine der inneren Weite des Ringes entsprechende Korkscheibe setzt, welche dem Ringe als Führung dient. Man läßt die Drehbank rasch laufen und trägt fleißig dünnen mit Del angemachten Smirgelbrei auf; es wird so ein rundes Stück Glas herausgeschnitten (auf dieselbe Weise werden aus dickem Glase die Stücke für Pausen gläser erhalten). Ist das Glas bald durchgeschnitten, so muß man dasselbe mittelst eines ebenen Stückchen harten Holzes gegen den Ring drücken, und wenn es an einer Stelle bereits durch ist, keinen weiteren Smirgel, wenigstens keinen groben mehr auftragen; letztere Vorsicht ist eigentlich nur bei dünnen Glasscheiben nöthig. Trotz aller Vorsicht springt gern der Rand an solchen Löchern aus. Will man dieses verhüten, so darf man nur von beiden Seiten aus gegen einander bohren und den inneren Rand auf der äußeren Fläche des kupfernen Ringes ausschleifen. Wäre ein auf diese Weise gebohrtes Loch zu klein, so richtet man auf der Drehbank ein schwach conisches Stück Pindenholz her, mit welchem sich mittelst Smirgel und Wasser eine solche Oeffnung rasch erweitern läßt. Ist das zu bohrende Glasstück so beschaffen, daß es sich auf der Drehbank einspannen läßt, so kann man auch mittelst eines harten Grabstichels unter Befuchtung mit Terpentinöl eine kreisförmige Rinne heraussdrehen; es geht solches beinahe schneller als das Schleifen; man läßt dabei nur langsam umlaufen. Löcher von nur 1 bis 2 Linien Durchmesser bohrt man mit kupfernen Zäpfchen, und Löcher unter einer Linie werden mittelst eines dreikantigen, unter einem Winkel von etwa 60° zugespitzten harten stählernen Stiffes unter Befuchtung von Terpentinöl durchgebohrt; ganz feine — nadelfeine — mit jedem harten Metallbohrer. Man kann hier schon sehr bequem den Drehbogen der Uhrmacher anwenden, wie er im dritten Capitel beschrieben ist; namentlich bei diesen kleineren Löchern muß man vorsichtig drücken, wenn einmal eine Oeffnung entstanden. Man bohrt sie übrigens auch unter Befuchtung mit Terpentinöl mit jedem sogenannten Grabstichel von Hand beinahe ebenso rasch als auf der Drehbank. Mittelt guter Reibahlen und Terpentinöl können übrigens Löcher jeder Größe rasch erweitert werden.

An einer Drehbank läßt sich auch die Vorrichtung anbringen, um eine größere Scheibe, die sich an dem vorderst durchgebohrten Loche um einen hölzernen Zapfen horizontal dreht, mittelst einer kleinen Kupferscheibe und Smirgel nach und nach rund heraus zu schneiden.

Sollen Glasplatten matt geschliffen werden, so geschieht dieses am besten auf einer andern Glasplatte mit Wasser und Smirgel; sind die Platten schon eben, ist es also Spiegelglas, so nimmt man sogleich vom feinsten Smirgel, wenn das Matt ein feines werden soll.

Soll dagegen ein Glas nur auf der Kante geschliffen werden, so schleift man immer zuerst die Ecken ein wenig ab, um das Auspringen zu verhüten.

Von dem Schleifen von Krystallen zu optischen Zwecken wird in dem Capitel über die optischen Versuche das Nähere vorkommen.

- 17 Einschleifen der Glasstöpsel.** Oefter hat man Flaschen nöthig, deren Glasstöpsel luftdicht schließen soll. Bekommt man nun auch Flaschen mit Glasstöpseln fast überall, so ist doch beim Einschleifen der Stöpsel selten so viel Fleiß angewendet, daß ein Nachschleifen unnöthig würde. Will man daher einen solchen Stöpsel nachschleifen, vorausgesetzt, daß derselbe lang genug dazu ist, so geschieht dieses mit immer feinerem Smirgel von Hand, wenn wenig fehlt; fehlt aber viel, so paßt man den Stöpsel mittelst eines Holzfutters auf die Drehbank und wendet anfänglich etwas gröberem Smirgel oder Quarzsand und Wasser an. In beiden Fällen muß der Stöpsel nicht nur drehend, sondern auch stets der Länge nach hin und her bewegt werden. Paßt ein solcher Stöpsel gar zu schlecht, so ist es gewöhnlich nicht der Mühe werth, ihn einzuschleifen; doch könnte man in den Fall kommen, zu einem vorhandenen Apparate einen verdorbenen oder verlorenen Stöpsel ersetzen zu wollen. In diesem Falle müßte man zwei gleiche conische Zwingen von dickem Kupferblech hart zusammenlöthen, jede auf ein Holzfutter befestigen, die eine mit der weiten, die andere mit der engen Oeffnung nach außen; letztere müßte außerhalb, erstere innerhalb rund gedreht werden, um in der einen den Zapfen, in der anderen den Hals der Flasche vorzuschleifen. Einfacher wäre es, nur den Hals zu schleifen und die hierzu bestimmte Zwinke nach dem Zapfen zu richten.

Reibt einmal ein solcher Glasstöpsel stecken, so wende man nicht zu viel Gewalt an; ein leichtes schief aufwärts auf den Stöpsel gerichtetes Klopfen mit hölzernem Hammer hilft sehr oft. Am einfachsten ist es, wenn man den Hals der Flasche auf einer kleinen Weingeistflamme rasch erwärmt, und wenn er mehr als handwarm geworden ist, den Stöpsel drehend zu heben sucht oder auch hier den hölzernen Hammer anwendet. Geht es nicht, so läßt man die Flasche kalt werden und erwärmt ein zweites Mal stärker. Bei diesem Erwärmen hat man aber die nöthigen Vorsichtsmaßregeln zu treffen, um für den Fall, daß das Glas

springen würde, entweder den Inhalt nicht zu verlieren oder sich nicht durch denselben zu beschädigen.

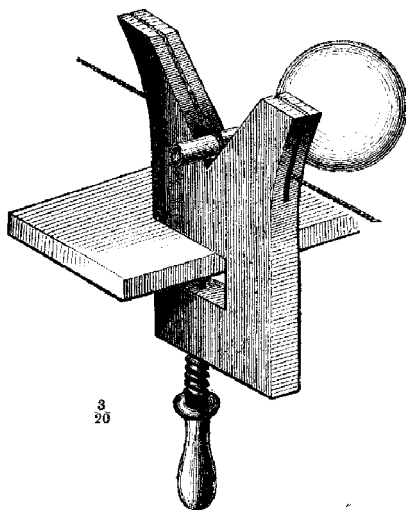
Jedenfalls bewahrt man die Glasstöpsel aller abgehenden Flaschen sorgfältig auf, um vorkommenden Falls um so eher einen nahezu passenden Stöpsel ausfinden zu können.

Glassprengen. Es kommt beim Experimentiren sehr oft vor, daß man Glasröhren, Glasstangen, Vorlagen, Zuckergläser und Flaschen von 2 bis 4 Zoll Durchmesser abnehmen soll. Bei Glasröhren, die nicht über 3 bis 4 Linien dick sind, geht dieses leicht dadurch, daß man an der Bruchstelle mittelst einer dreikantigen feinen Feile einen Strich macht und dann nur ohne Weiteres bricht, indem man beide Daumen mit den Nägeln dem Feilstrich gegenüber ansetzt und nun mit beiden Händen langsam die Glasröhre so zu biegen sucht, daß der Feilstrich die converge Seite einnimmt. Bei dickeren Glasröhren aber feilt man unter Befeuchtung mit Terpentinöl ringsum oder verfährt auf folgende Weise. Man erhitzt die Bruchstelle ringsum dadurch, daß man dieselbe auf einem glühenden Eisen schnell herumdreht und dann einen Tropfen Wasser auf die erhitzte Stelle bringt. Am besten eignet sich hierzu ein eiserner Ring, der von einer zweiten Person gehalten wird, welche auch parat ist, mit einer Glasröhre schnell den Tropfen Wasser aufzubringen. Erhält das Glas hierbei nur einen Sprung, so kann man ein glühendes Eisen an dem Ende des Sprunges ansetzen und vor demselben herfahrend ihn in beinahe betriebliger Richtung weiterführen.

Für cylindrische Gegenstände dürfte jedoch folgende Methode des Erhitzens zweckmäßiger sein. Man bindet auf jede Seite der Stelle, an welcher das Glas abgesprengt werden soll, einen etwa $\frac{1}{2}$ bis 1 Zoll breiten und auf die Dicke einer Linie zusammengelegten Streifen von Papier mittelst Bindfaden fest, so daß zwischen diesen beiden Papierwülsten das Glas je nach seiner Dicke und Größe nur eine halbe bis höchstens eine ganze Linie frei bleibt, und also eine Rinne zwischen den beiden Papierwülsten gebildet wird.

Man nimmt nun einen guten Bindfaden, bei stärkeren und größeren Gläsern höchstens eine Liniendicke aber festgedrehte gute Schnur, die so lang ist, daß, wenn dieselbe in der Rinne um das Glas und an jedem Ende um die Hand geschlungen ist, doch noch etwa 1 bis 3 Fuß übrig bleiben. Halten nun ihrer Zwei, Jeder mit einer Hand, das Glas auf den Rand eines Tisches und fassen mit der anderen die einmal um das Glas geschlungene Schnur und ziehen diese straff angespannt abwechselnd um das Glas hin und her, so erhitzt sich die geriebene Stelle bald so stark, daß die Schnur abbrennt, und nun gießt man bereit gehaltenes Wasser darüber. Das Glas springt in der Regel sehr eben ab, und desto ebener, je knapper die Rinne zwischen dem Papiere zur Schnur

paßte. Anstatt der Papierwülste hat Mohr das in Fig. 12 abgebildete hölzerne Instrument angegeben; es wird an den Tisch befestigt und jeder Arbeiter hält ein Ende des Glases, während die Schmir durch den Sägenschnitt im Holze hin- und hergezogen wird.



Wenn man von einem Rande ausgehen kann, um das Glas abzunehmen, namentlich aber wenn das Glas schon einen Sprung hat, so kann man sich zum Erhitzen viel vortheilhafter der Sprengkohle bedienen, als des glühenden Eisens. Sprengkohlen erhält man auf folgende Weise: 1 Quentchen Tragantpulver wird in so viel kochendem Wasser gelöst, daß der ent-

standene Schleim den Raum von 8 Loth Wasser einnimmt; sodann löst man $\frac{1}{2}$ Quentchen Benzoe-pulver in nur so viel starkem Weingeist auf, als zur Lösung erforderlich ist. Beide Lösungen werden zusammen gemischt und nun in einer Reibschale so viel fein gepulverte und durchgeseibte buchene Holzkohle darunter geknetet, daß man daraus einen plastischen Teig erhält; die Masse muß vor dem Ausrollen noch etwas feuchter sein, als Pillenmasse zu fein pflegt. Aus diesem Teige rollt man nun fast ohne allen Druck mit einem Breittchen $1\frac{1}{2}$ bis 2 Linien dicke und 3 bis 4 Zoll lange Stängelchen aus, welche langsam getrocknet werden. Zündet man ein solches Stängelchen an, so brennt es spitzig und glimmt wie die Rauchkerzen fort. Beim Gebrauche hält man die glühende Spitze ohne Druck an das Ende des schon vorhandenen Spaltess, indem man das Stängelchen in der Richtung gegen das Glas neigt, in welcher der Sprung fortgeführt werden soll; man rückt nun mit der Sprengkohle, so wie der Spalt dieser folgt, in einer schwach gebogenen Linie allmählig in die Richtung, in welcher man das Glas absprenge will. Diese Richtung zeichnet man etwa mit Kreide oder Dinte vorher auf das Glas. Man muß das Kohlenstängelchen öfters abheben und anblasen, weil es auf der Stelle, wo es das Glas berührt, durch Abkühlung erlischt. Gewöhnlich kann man den Spalt nicht ringsum führen; er folgt der Kohle nicht mehr, wenn man bis auf etwa eine Linie sich dem Anfange genähert hat, und man muß den Rest abbrehen.

Hat das Glas noch keinen Spalt, so kann man am Rande mit der Feile oder besser mit dem Diamant einen Strich machen und die Kohle daran halten, indem man durch Blasen sie etwas lebhafter brennen macht. Es gelingt fast immer, einen Spalt zu Stande zu bringen. Auf diese Weise kann man in dem Rande eines dünnen Schoppenglases einen Spalt machen, und diesen dann spiralförmig um das Glas herumführen. Das Glas läßt sich dadurch in einen $1\frac{1}{2}$ bis 2 Linien breiten spiralförmigen Streifen zerschneiden, der sich ziemlich strecken läßt, wenn man das Glas am oberen Rande und am Boden faßt. Ebenso kann man den Rand zerbrochener Cylinder wieder ebnen und aus Glasaufeln beliebig geformte Stücke herausschneiden; namentlich kann man sich so aus Scherben von Uhrgläsern die runden flachen Schälchen verschaffen, von denen später beim Ampere'schen Gestell und ähnlichen Apparaten die Kabe sein wird.

Unebenheiten, die beim Absprengen der Gläser zurückbleiben, entfernt man, wenn nöthig, durch Schleifen auf Sandstein oder an der kupfernen Smirgelscheibe (Theil II, Cap. 4), kleinere durch die Schlichtfeile unter Benetzung mit harzigem Terpentinöl oder einer Lösung von etwas Kampher in Terpentinöl. Kleine Stückchen kann man auch sehr leicht mittelst einer Flachzange abbröckeln — abtröckeln, und sich so selbst kleine runde Plättchen machen, wenn man deren bedarf. Will man den Rand einer Glasröhre eben kröfeln, so muß man die Stückchen nach innen brechen.

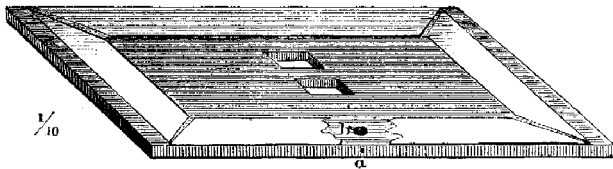
Glasblasen. Kaum irgend eine Arbeit kommt häufiger vor als die Behandlung des Glases an der Lampe, und gerade hierfür findet man gewöhnlich nur in größeren Städten geübte Arbeiter. Allein selbst wenn man einen solchen in seinem Wohnorte hat, ist es doch zu umständlich, jedesmal fremde Hilfe in Anspruch zu nehmen, und man muß sich daher durchaus einige Uebung in dieser Art, das Glas zu bearbeiten, erwerben, wenn man auch die schwierigen Arbeiten durch fremde Hand anfertigen läßt.

Einrichtung der Blasvorrichtung. Kann man hierfür einen 20 besonderen Platz ausmitteln, so ist es jedenfalls zweckmäßiger, einen eigenen Tisch, den Blasstisch, zu haben; andernfalls kann man auch den ganzen Apparat in eine Kiste richten, die man dann nur auf einen anderen, etwas niedrigeren Tisch stellt, und nach Beendigung der Arbeit wieder wegnimmt. Der Blasbalg wird am besten sowohl am Schöpfer als am Oberbalg nur mit einer einzigen und zwar hölzernen, oben gerade aufgehenden Falte gemacht, damit er in demselben Raume mehr Wind faßt, was besonders dann zu beachten ist, wenn er in eine Kiste kommt. Keiner der beiden Theile bedarf mehr als etwa 2 Zoll Bewegung; man giebt dem Balge lieber eine etwas größere Fläche, um den gehörigen Inhalt zu erreichen, wobei übrigens $1\frac{1}{2}$ bis 2 Quadratfuß genügen. Allerdings bedarf man bei einer größeren Fläche verhältnißmäßig mehr Gewicht,

um gleichen Druck zu erhalten; aber gerade aufgehende Bälge, d. h. solche, wo der Oberbalg nicht auf einem Gelenke geht, haben eine sehr unsichere Bewegung, wenn sie hoch gehen, besonders wenn man sie etwa ohne Holzfalten und nur von Leder machen wollte; solche Bälge müssen dann Führungen haben, d. h. ihr oberer Boden muß zwischen Leisten gehen, was wieder andere Unbequemlichkeiten im Gefolge hat.

Wollte man nun einen solchen Blasbalg selbst anfertigen, so würde das Mittelbrett, Fig. 13, etwa einen halben Zoll dick genommen und etwa $1\frac{1}{2}$ bis 2 Fuß lang auf 1 Fuß breit. In der Mitte erhält es zwei viereckige Oeffnun-

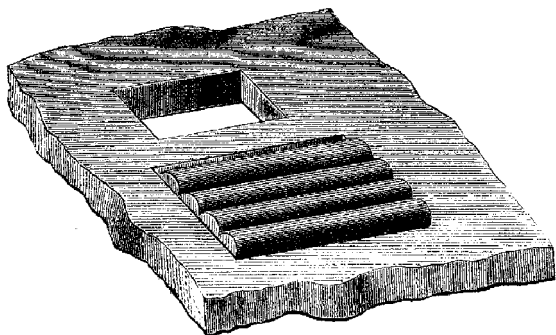
Fig. 13.



gen von 2 Zoll Länge und 1 Zoll Breite für die Ventile, welche 1 Zoll Zwischenraum haben. Es ist immer besser, deren zwei zu machen, als eines von doppelter Größe. Auf einer der langen Seiten brennt man, um später das Windrohr einsetzen zu können, eine Oeffnung *a*, von etwa $\frac{1}{4}$ Zoll Weite, 1 Zoll tief in das Brett und kommt ihr von der oberen Seite durch eine breite Oeffnung *b* entgegen. Das Brett wird dann auf beiden Seiten mit Papier bekleint, wenn man nicht zufällig altes Pergament hat. Die Ventile bestehen aus Brettchen, die noch etwas dicker sind, als die zusammengelegten fertigen Faltten, damit im Ruhezustande der Deckel des Oberbalgs etwas darauf drücken kann; man kann auch statt eines Brettchens einige Leistchen von der Breite eines halben Zolles nehmen, wodurch alles Versen verhütet wird; diese Leistchen werden dicht neben einander auf das Leder geleimt. Die Ventile ragen auf drei Seiten $\frac{1}{2}$ Zoll über die Oeffnung hinaus, nur an der einander zugekehrten Seite genügt ein Viertelszoll. Ein Stück weißes Schafleder, welches einerseits um etwa $\frac{1}{2}$ Zoll vorsteht, wird mit der Narbenseite darauf geleimt. Man läßt sie zwischen zwei Brettern eingespannt trocknen, damit sie gerade bleiben; das freie Stück Leder wird auf den Zwischenraum zwischen beiden Ventilöffnungen geleimt und dient zugleich als Gelenkband. Fig. 14 zeigt ein solches aus Stäbchen gefertigtes Ventil in seiner Lage. Damit sich die Ventile nicht etwa nach Innen umschlagen, giebt man ihnen einen Zaun, der aus einem Streifen Leder besteht, welches verhindert, daß das Ventil sich zu weit öffnet, und doch nicht so lang ist, um sich selbst unter das Ventil legen zu können; doch ist letztere Vorsicht kaum nöthig. Die Faltten werden aus liniendickem, mit Papier bekleimtem Holze oder

auch aus Pappe gemacht und so zugerichtet, daß sie im geschlossenen Zustande an den Ecken noch nicht ganz zusammenstoßen, wie die Fig. 13 zeigt; vereinigt

Fig. 14.



werden sie durch mit der Fleischseite aufgeleimtes, weißes Schafleder, das man in den Ecken so groß macht, daß die Falte sich gehörig öffnen kann. Auch mit dem Mittelbrette und dem oberen Deckel wird die Falte nur durch aufgeleimtes Schafleder vereinigt, und es ist sehr zweckmäßig, durch zwei vom Mittelbrette an den oberen Boden laufende und an beiden Enden eingeleimte Schnüre zu verhindern, daß sich die Falte ganz aufspannen kann, wenn solches nicht schon durch die obere Platte des Tisches oder Kastens verhindert werden soll.

Der Schöpfer wird nur um so viel kleiner gemacht, daß Platz für das Gelenk gewonnen wird. Man macht dieses am einfachsten aus zwei zollbreiten Stücken guten Leders (Rüffelleber, wie es zu den Kuppeln des Militärs genommen wird), die man an die beiden Bretter nagelt und in den Fugen ebenfalls mit Leder beleiunt. Die Ventile des Schöpfers werden ganz gleich gemacht mit jenen des Mittelstücks. Sollte man übrigens einen Orgelbauer zur Hand haben, so dürfte es zweckmäßiger sein, einen Balg von entsprechender Größe bei diesem machen zu lassen, als sich mit dem Selbstmachen abzugeben. Fig. 15 (a. f. S.) zeigt den fertigen Balg in geöffneterm Zustande.

Der Tisch erhält 3 Fuß (90 Centimeter) Höhe, und der Glasbalg wird unmittelbar unter dessen oberer, ringsum mit einem um etwa 2 bis 3 Linien hervorstehenden Rande versehener Platte so angebracht, daß unter demselben noch Raum genug für die Füße des Arbeiters bleibt, Fig. 16 (a. f. S.). Am Schöpfer läßt man einen vorstehenden Lappen und setzt ihn entweder durch einen am Fuße des Tisches angebrachten Hebel, dessen anderes Ende durch einen Messingdraht mit einem Tritte verbunden ist, oder nur durch den Tritt in Bewegung, indem man von dem Schöpfer durch eine Oeffnung im hervorstehenden Rande

des Mittelbrettes einen Draht aufwärts führt, und von diesem eine Saite über eine Rolle, aus der sie nicht heraus kann, zu einem zweiten an den Tritt füh-

Fig. 15.

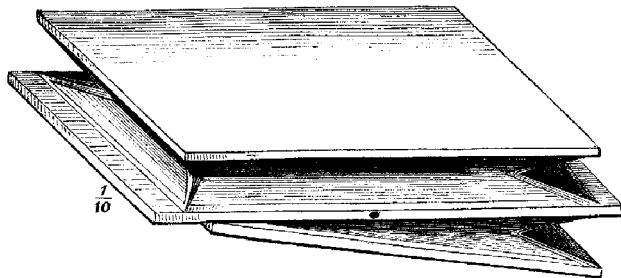
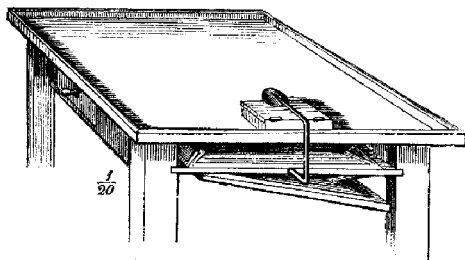


Fig. 16.

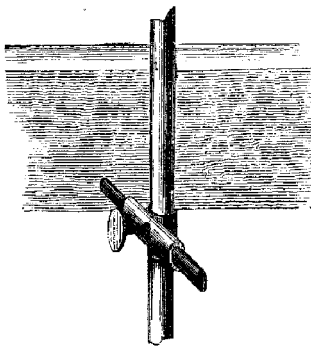


renden Messingdraht leitet. Ist der hervorstehende Lappen am Schöpfer lang genug, so kann man die Rolle auf der äußeren Seite des Tisches anbringen. Der Blasbalg wird nur in eine Nuthe in zwei Seiten der Barge ein-

geschoben und durch eine schiefe Holzschraube etwas befestigt. Die Tischplatte muß fest auf die drei Seiten der Barge kommen, da sie die vierte Seite zu ersetzen hat.

In der Oeffnung des Mittelbrettes wird das etwas conische Ende des

Fig. 17.



Blasrohrs, wie in Fig. 16, nur eingesteckt und gestattet darum eine verschiedene Neigung des ausströmenden Windes gegen die Tischplatte. Die Länge desselben hängt von der Höhe der Lampe ab, wovon sogleich die Rede sein wird. Sehr zweckmäßig ist es, wenn von der Tischplatte ein etwa zolllanges Stäbchen heraus ragt, an welchem man mittelst einer Druckschraube, wie Fig. 17 zeigt, die eine der zwei rechtwinklicht aneinander befestigten Hülfsen feststellen und dadurch das Blasrohr in einer unveränderlichen Stellung erhalten kann.

Der Tisch wird nicht länger genommen, als es der Blasbalg erfordert; dagegen kann man ihn etwas breiter nehmen, um hinter dem Balge Raum für ein kleines Schiefach zur Aufbewahrung der nöthigsten Werkzeuge zu erhalten.

Wählt man keinen besonderen Tisch, so kommt der Blasbalg in einen passenden Kasten und wird durch Schrauben mittelst des vorstehenden Mittelbrettes auf zwei Leisten befestigt. Der Schöpfer erhält einen durch einen Schlig hervorragenden Aufsatz, um über eine Rolle weg am Tritte befestigt zu werden; die Vorderwand des Kastens aber wird durchbohrt, um durch sie das Blasrohr einstecken zu können. Im oberen Theile des Kastens giebt der zusammengefügten Blasbalg Raum genug zur Aufbewahrung der Geräthschaften.

Der für das Glasblasen bei kleiner Oeffnung erforderliche Druck erfordert im Mittel 6 Gramm auf den Quadratcentimeter. Man verwendet als Gewicht am besten ein entsprechendes Stück einer alten gußeisernen Platte. Einige verwenden auch Drahtfedern, wie sie zu Polsternugen gebraucht werden, von entsprechender Zahl und Stärke. Sie werden auf dem Deckel des Oberbalgs angebracht und stützen sich gegen die Tischplatte oder den Kasten deckel. Gerade in letzterem Falle sind sie empfehlenswerth, weil dann der Kasten um so leichter wird. Für obige Dimensionen des Blasbalgs werden zwei Federn ausreichen. Für größere Arbeiten, also für eine weitere Oeffnung muß der Druck gewöhnlich verstärkt werden; in diesen Fällen wird der Oberbalg stets voll erhalten und der Wind durch den Fuß in beliebiger Stärke hervorgetrieben. Darum ist es gut, einen etwas großen Schöpfer zu haben. Der Druck steigt hierbei bis auf 12 bis 15 Gramm auf den Quadratcentimeter.

Die Lampe. Man läßt dieselbe aus Blech machen und giebt ihr in 21 der Richtung des Blasrohrs eine nur geringe Breite, oder verlegt wenigstens die Flamme an das Ende. Am besten ist es, wenn man da, wo die Flamme hin kommt, eine Röhre einsetzt, in welcher sich ein massiver Docht auf- und niederschrauben läßt, Fig. 18 und 19. Die Röhre muß natürlich geschliffen sein,

Fig. 18.

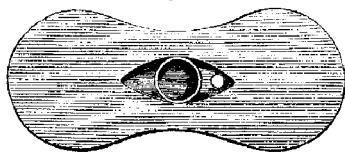
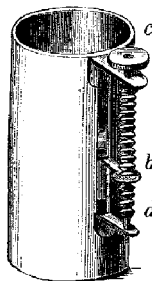
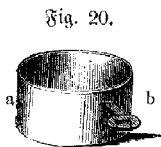


Fig. 19.



damit das Del zum Dochte treten kann. Die Bewegung des Dochtes geschieht sehr einfach auf die in Fig. 20 und 21 (a. f. S.) dargestellte Weise, wo der Docht in die federnde Hülse a, Fig. 20, gesteckt wird, von der ein Stiel b durch den Schlig der Röhre, Fig. 21, heraustritt; dieser Stiel ist von Blech und durch ihn geht die

tiefgängige Schraube *cd*, für die das Blech einen einzigen Muttergang bildet. Zwei an die Dochttröhre angelöthete Blechstreifen bilden die Stützpunkte dieser Schraube, und der Tisch hat eine entsprechende Vertiefung für den unter die Lampe herabragenden Theil dieser Röhre. Fig. 21.



Schraube, und der Tisch hat eine entsprechende Vertiefung für den unter die Lampe herabragenden Theil dieser Röhre. Letzteres gestattet die Anwendung eines längeren Dochtes, also eine seltenere Erneuerung desselben, ohne daß der Delstand zu tief sinkt, was bei einer durchweg höheren Lampe der Fall wäre, wenn man sie ausbrennen wollte, und ist daher keine nothwendige Sache. Wenn der Kopf der Schraube *cd* ein kleines Loch nahe am Umfange hat, so kann

man dieselbe durch ein hineingestecktes Eisenstäbchen, deren doch immer einige auf dem Blästische sind, ganz bequem und schnell drehen, wenn sie auch heiß werden sollte.

Eine einfachere Einrichtung der Lampe zeigen Fig. 22 und 23, wo der Docht einfach auf eine Blechrinne gelegt wird und das Rückwärtsbrennen nach Belieben durch das Blech, Fig. 24, verhindert werden kann, welches man auf dem Deckel der Lampe gegen den Docht vorschiebt.

Sehr zweckmäßig ist es, die Lampe auf ein quadratisches Blech von etwa Fig. 22.

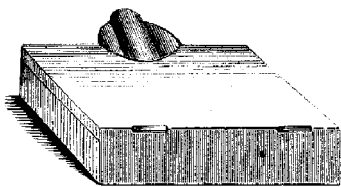


Fig. 23.



Fig. 24.

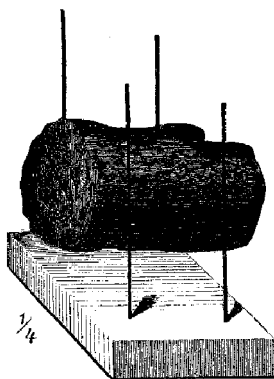


einem Fuß Seite zu stellen, das mit einem aufgebogenen Rande versehen ist; es schützt den Tisch vor Beschmutzung und Verbrennung, da man oft genöthigt ist, heiße Glasstücke aus der Hand zu legen.

22

Als Brennmaterial dient Rüböl, und es läßt sich dieses nicht wohl durch ein anderes Material ersetzen, wenn man großes Feuer braucht; es ist auch das wohlfeilste Brennmaterial. Der Docht wird aus locker zusammengebrehten Baumwollendochten gemacht, die man bei Fig. 22 in zwei leicht geflochtene Köpfe flicht, welche neben einander in die Rinne zu liegen kommen. Für runde Dochte führt man die Baumwolle am besten in einen hohlgewebenen Lampendocht von entsprechender Weite.

Wenn man etwas starkes Feuer nöthig hat, so ist es sehr vortheilhaft, zwischen vier auf ein Brettchen gesteckte Drähte, Fig. 25, ein etwa 2 Zoll dickes Stück einer buchenen Astsohle zu stecken und mit der Hirnseite gegen das Feuer zu kehren, wo dann die strahlende Wärme der glühenden Kohle die Hitze ungemein verstärkt. Gerade darum ist es auch unzweckmäßig, die Dochtseite einer Lampe, wie Fig. 22, gegen den Arbeiter zu kehren und die Flamme über die Lampe hin zu blasen, ganz abgesehen davon, daß man dadurch an Arbeitsraum für gebogene Stücke verliert.



So vortheilhaft der Gebrauch des Dels in jeder Beziehung ist, wenn man fast täglich die Lampe anwendet, so hat

er für den Physiker, bei dem dieses oft Monate lang nicht vorkommt, den Nachtheil, daß Alles verharzt. Für diesen ist es daher, seltenere Fälle abgerechnet, vortheilhafter, die ohnehin immer parate Weingeistlampe mit vollem rundem Docht anzuwenden; sie giebt für das Biegen auch starker Glasröhren, das Aufblasen von Thermometerkugeln u. dgl. hinreichende Hitze, wenn sie einen Docht von etwa einem Centimeter Durchmesser hat, besonders wenn man sich noch der eben erwähnten Kohle bedient. Wirksamer als die gewöhnliche Weingeistlampe ist eine solche mit doppeltem Luftzuge, wie die gewöhnlichen Argand'schen Lampen; man führt das Glasrohr durch einen Kork in den inneren Cylinder und treibt die Flamme vertical hervor. Der innere Cylinder soll dabei nicht über $\frac{1}{2}$ Zoll, aber der Zwischenraum zwischen dem äußeren und inneren etwa $\frac{1}{4}$ Zoll weit sein, damit man etwa 4 bis 5 in einander gesteckte Hohlstöcke von abnehmendem Durchmesser anwenden kann.

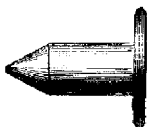
Das Blasrohr muß etwa 2 bis $1\frac{1}{2}$ Linien im Dichten weit sein und läuft gegen das Ende etwas verjüngt zu, wo es dann durch ein ebenes Plättchen verschlossen wird, in dessen Mitte die Glasöffnung gebohrt wird. Letztere muß 1 bis $1\frac{1}{2}$ Millimeter weit sein, und darf, wenn man sehr großes Feuer braucht, wohl 2 ja 3 Millimeter erreichen, Fig. 26 a. f. S. Wenn man aber auf kleine Stellen Feuer geben soll, so muß man noch eine zweite Spitze, Fig. 27 (a. f. S.), haben, deren Oeffnung nur etwa $\frac{1}{2}$ bis 1 Millimeter beträgt, und die man auf das Glasrohr nur aufsteckt. Blasrohr und Spitzen werden vom Glaser aus Messingblech gefertigt und hart gelöthet. Die Zuleitung kann von Blei sein.

Ein Hahn im Glasrohr, um den Wind rasch abschließen oder nach Belieben vermindern zu können, ist eine Bequemlichkeit, ohne die aber selbst Glasbläser von Profession fortkommen. Für

Fig. 26.



Fig. 27.



besondere Zwecke kann man sich ein weiteres Rohr aus Glas biegen, namentlich wenn man eine sehr weite Oeffnung nöthig hätte, weswegen die gewöhnliche Oeffnung höchstens $1\frac{1}{2}$ Millimeter Durchmesser erhält.

Da bei Oellampen das Gebläse nie die ganze Flamme verzehrt, sondern immer ein Theil derselben unbebrannt aufwärts brennt, so hat Mohr den Wind mittelst eines kupfernen gebogenen Rohres zuerst durch diese Theile der Flamme geführt, um so heiße Luft in die Flamme zu blasen und damit bedeutende Verstärkung der Hitze erreicht.

24 Leuchtgas ist, wo man dasselbe haben kann, für den Glasbläser das angenehmste Brennmaterial, da man bei dessen Anwendung der Flamme durch den Hahn augenblicklich jede wünschenswerthe Intensität geben kann, indem es nie rußt, und man nicht erst den Docht zu richten braucht. Die ganze Glaseinrichtung ist dabei dieselbe, wie beim Oel, nur muß man einen passenden Brenner haben. Am zweckmäßigsten ist ein Brenner mit rundem Schmitte — eine Lampe nach

Fig. 28.

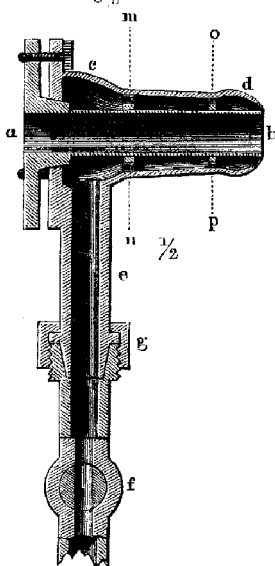


Fig. 29.



Becket. Fig. 28 zeigt einen solchen Brenner im Durchschnitt in halber Größe und Fig. 29 einen Durchschnitt nach den Linien *mn*, *op*; er besteht aus zwei Theilen, einem inneren

Rohre *ab*, welches auf der Seite von *a* einen conischen Aufsatz und eine runde Scheibe und bei *mn* und *op* ebenfalls zwei hervorstehende Scheiben hat, die aber, wie Fig. 29 zeigt, zahnförmige Einschnitte haben, um zu bewirken, daß das Gas in der ganzen Rundung der Brennoeffnung gleichförmig ausströmt, ähnlich wie dieses bei den sogenannten Argand'schen oder Scott'schen Gasbrennern der Fall ist. Ueber diese Röhre paßt eine zweite *cd*, an welcher die Zuleitung *e* angegossen oder

angeschraubt ist. Diese zweite Röhre ist auf den conischen Zapfen der ersten aufgeschliffen und ihre Platte wird durch drei Schrauben gegen die Platte der inneren Röhre angezogen. Beide Röhren könnten auch an einander geschraubt sein, wobei dann die Platten überflüssig wären; es ist aber bei der gezeichneten Art leichter, die Enden *b* und *a* concentrisch zu richten. Die zweite Röhre hat bei *c* eine Erweiterung und paßt ziemlich genau über die beiden Scheiben *mn* und *op*, so daß das Gas nur durch die Einschnitte der letzteren streichen kann. Es wird manchmal nöthig, diese Einschnitte ungleich auszuheilen, wenn etwa die Flamme nicht ringsum gleichmäßig stark brennen sollte. Die runde Spalte, welche beide Röhren für die Ausströmung des Gases zwischen sich lassen, braucht nur $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ Millimeter weit zu sein. Man läßt dieselbe noch enger machen und schleift die äußere Röhre dann so weit aus, daß die Spalte auch beim niedrigeren Drucke des Gases, wie er gewöhnlich den Tag über in den Gasleitungen zu sein pflegt, noch mindestens so viel Gas giebt, als man durch den vorhandenen Blasbalg bei langsamem Treten des Schöpfers verzehren kann. Die Flamme ist nämlich am wirksamsten, wenn sie durchweg blau brennt. Bedarf man geringeres Feuer oder hat man zufällig größeren Druck, so dient der in der Zuleitung befindliche Hahn *f* dazu, um das Gas auf das verzehrbare Quantum zu reduciren. Der Brenner ist mit der Zuleitung durch die Zugschraube *g* verbunden und kann mittelst derselben zugleich entweder senkrecht oder in jeder beliebigen Neigung gegen den Horizont auf dem Bleistische angebracht werden. Wenn

Fig. 30.



die Flamme ein wenig schief aufwärts gerichtet wird, so ist es für die meisten Arbeiten bequemer, namentlich für das Aufblasen von Kugeln am Ende einer Röhre; indessen arbeiten Viele mit senkrechter Flamme.

Der Wind wird durch ein Bleirohr zugeleitet, auf

Fig. 31.

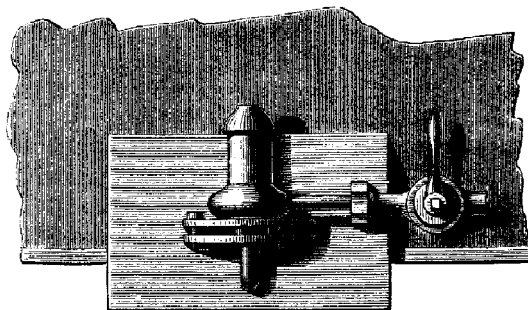


Fig. 32.

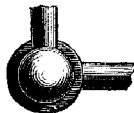
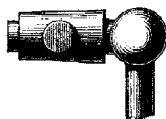
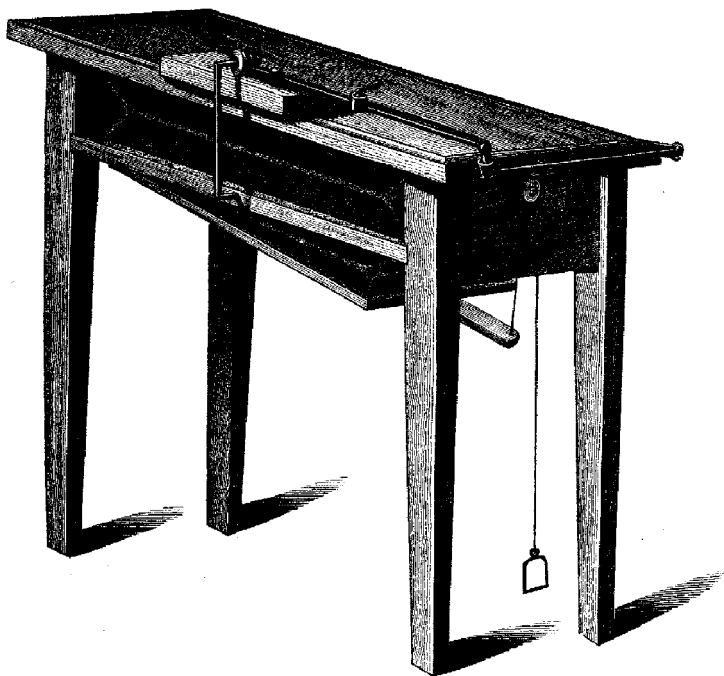


Fig. 33.



welches man messingene Blasöffnungen von verschiedener Weite, Fig. 30 (a. v. S.) schrauben kann. Weite Oeffnungen müssen um etwa 1 bis 2 Centimeter von der Oeffnung für das Gas entfernt sein, die feineren Oeffnungen für Stichflammen dürfen beinahe bis zur Mündung der Röhre *ab* vorgeschoben werden. Die Flamme biegt sich bei den weiteren Oeffnungen zuerst ringsum in

Fig. 34.



die Röhre *ab* hinein, und es muß dieses auch gleichförmig stattfinden, wenn die Blasöffnung die rechte Stellung hat, was bei Bleiröhren leicht zu erreichen ist. Man bedarf hier übrigens für die Stichflamme nicht gerade eine besondere Blasöffnung; das Blasrohr wird nur weiter gegen die Flamme vorgeschoben und der Gaszufluß vermindert. Der Brenner selbst kommt nicht unmittelbar auf den Blastisch, sondern auf ein etwa zoll dickes Brettchen, welches auf der Arbeitsseite über den Tisch hervorragt. Fig. 31, 32 und 33 (a. v. S.) zeigen den Brenner und die Verbindungsstücke im Grundriß und Fig. 34 den

ganzen Blastisch sammt den Zuleitungsröhren. Man könnte an letzteren die Gelenke sparen, und die seitliche Leitung durch Kautschukröhren herstellen. Das Blasrohr ist in Fig. 34 in das Mittelbrett des Blasbälgs gesteckt und kann, wenn es nöthig wird, leicht gewechselt werden. Für eine senkrechte Flamme müßte es natürlich durch das Brettchen, welches den Brenner trägt, geführt werden.

Die Aeolipile. Will oder kann man sich keinen ordentlichen Blasappa- rat anschaffen, so kann man die in Fig. 35 in der Hälfte der natürlichen Größe

Fig. 35.

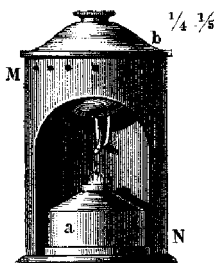


dargestellte Aeolipile von jedem Blechnier um sehr billiges Geld machen lassen. Sie besteht aus einem doppelten Gefäße; das äußere, überall luftdicht verschlossene erhält durch die beim Gebrauche verforkte Oeffnung *a* etwa 40 bis 50 procentigen, also verdünnten Weingeist, und das innere gewöhnlichen Brennspiritus von etwa 70 Proc. bis zur Höhe der Blasöffnung. Letzterer wird angezündet, worauf dann der äußere ins Sieden geräth und der durch das Rohr

b entweichende Dampf eine sehr kräftige Flamme giebt. Die Oeffnung *a* kann auch seitwärts angebracht sein, und ein Deckel, der in die innere Höhlung paßt, dient zum Verschließen.

Bequemer als die Aeolipile ist die Pöthlampe der Kempner, weil man die Theile trennen und darum besser erhalten kann und weil sie eine horizontale Flamme giebt. Fig. 36 zeigt eine solche in etwa $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{5}$ der natürlichen

Fig. 36.



Größe. In einem Cylinder *MN* aus Schwarzblech, der oben herum eine Reihe kleiner Oeffnungen hat, ist ein Ring von etwa $\frac{1}{4}$ Zoll Höhe auf dem Boden befestigt, um der Weingeistlampe *a* ihren richtigen Platz zu geben. Oben in den Cylinder *MN* wird das aus starkem Messingblech getriebene Gefäß *b* eingesetzt, welches eine mit einer Schraube verschließbare Oeffnung und ein gebogenes Rohr erhält. Für letzteres ist hinten im Cylinder ein Schlitz eingeschnitten und für den Austritt der Flamme und das Einführen der Dampfe

vorn eine gehörig große Oeffnung. Die etwa 1 Millimeter weite Oeffnung des Blasrohrs ragt bis nahe an die Flamme der Weingeistlampe, und zwar in der

Mitte zwischen dem Docht der Lampe *a* und dem Boden von *b*. Das Gefäß *b* ist in Fig. 37 noch besonders abgebildet und könnte auch anstatt mit

Fig. 37.



einer Deckelschraube durch Korkstöpsel verschlossen werden. Ein gehörig aufgesetzter Korkstöpsel, der aber öfter erneuert werden muß, könnte auch als Sicherheitsventil dienen. Ich habe zwar noch nie von Explosionen solcher Aeolipilen etwas erfahren, obwohl sie in den Händen oft sehr sorgloser Arbeiter sind. Zum Füllen kann man Weingeist nehmen, wie er im vorigen Paragraphen angegeben ist, doch nehmen die Arbeiter gewöhnlich in die Lampe und das Gefäß *b* Brennspiritus.

- 27 An Werkzeugen zum Glasblasen bedarf man weiter nur einer kurzen scharfen Scheere zum Beschneiden des Dochtes, einer guten englischen dreikantigen Feile mit Schlichthieb von etwa 4 bis 5 Zoll Länge zum Abschneiden der Glasröhren, einer kleinen flachen Drahtzange mit schmalen Backen und einiger eisernen Stäbchen von etwa $\frac{1}{2}$ bis 1 Linie Dicke.

- 28 Was die Wahl des Glases betrifft, so muß man auf ein leicht schmelzbares, also bleihaltiges Glas Rücksicht nehmen; es ist hierfür besonders französisches Glas zu empfehlen, namentlich auch französisches Natronglas von etwas grünlichem Bruche. Da übrigens alle Glashändler französische Glaswaaren halten und gewöhnlich direct mit Paris verkehren, so kann man sich leicht einige Pfund Glasröhren von dorthier kommen lassen; sie werden nicht viel theurer zu stehen kommen als andere, und gewähren noch den Vortheil, daß sie eine gleichförmige Dicke haben.

Indessen bekommt man auch anderwärts sehr gute Röhren und es giebt da und dort Fabriken, welche sogenannte französische gepreßte Glaswaaren machen, und also ebenfalls und zwar, da sie gewöhnlich auch im Allgemeinen geübtere Arbeiter besitzen, bessere Röhren als andere Fabriken liefern.

Andere Glasarten sind theils schwerer, theils, wie z. B. das böhmische, vor der Lampe beinahe gar nicht zu verarbeiten; ist das Glas aber zu stark bleihaltig, so wird es vor der Lampe durch Reduction gern etwas gelb. Glasbläser von Profession nehmen daher solche Gläser nicht gerne, da sie auch auf andere die erforderliche Hitze zu bringen wissen und es auch bleifreies Glas giebt, welches noch leicht genug schmelzbar ist. Im Allgemeinen ist noch zu bemerken, daß alle Glasarten durch langes und öfteres Glühen strengflüssiger und durch Entglasung trübe werden.

Ueber das Abschneiden und Brechen der Glasröhren ist bereits §. 17 das Erforderliche gesagt.

Soll wirklich gearbeitet werden, so zündet man die Lampe an und rückt den Docht so hoch, daß er eine an 3 bis 4 Zoll hohe Flamme giebt, theilt ihn mit der Schere in zwei Theile, entfernt mit derselben alle hochstehenden oder herabhängenden Stücke des Dochtes und richtet das Blasrohr zwischen die beiden Theile des Dochtes, und zwar etwas in die Flamme hinein, wenn man eine spitzige ruhige Flamme will, also vorzüglich bei der kleineren Oeffnung, oder etwa eine Linie vor die Flamme, wenn man eine Brauseflamme will, für größere Gegenstände.

Die Flamme muß jedenfalls eher etwas nach oben als nach unten gerichtet werden, ein weißes, etwas bläulichtes Licht geben, über zwei Zoll lang sein und keinen Ruß absetzen. Diese Kennzeichen einer guten Flamme wird man erst nach einigem Rücken und Drücken am Docht oder dem Blasrohr erreichen und anfänglich vielerlei Anstände finden, wenn man nur die zum Aufblasen einer kleinen Kugel erforderliche Hitze hervorbringen soll. Mit einiger Geduld wird man aber bald die erforderliche Uebung erlangen. Das zu erhitzende Glas wird etwa auf zwei Dritttheile der Flammenlänge vom Dochte entfernt in die Flamme gehalten, muß aber vorher, besonders wenn es etwas dick ist, in größerer Entfernung langsam erwärmt werden, indem man es drehend schnell vor der Flamme hin und her führt, wenn es auch hierbei etwas bernßt würde; der Ruß brennt schon wieder weg.

Feucht darf das Glas nicht sein, und man muß sich daher durchaus davor hüten, in eine auf beiden Seiten offene Glasröhre hineinzublasen; aus engen Röhren kann man die Feuchtigkeit gar nicht mehr herausbringen.

Während der Erhitzung wird das Glas fleißig gedreht, um ein allseitig gleiches Glühen hervorzubringen; hierbei hat man besondere Vorsicht nöthig, wenn das Glas mit beiden Händen gehalten wird, da man es in diesem Falle leicht verdreht, sobald es anfängt weich zu werden und beide Hände ungleich arbeiten. Das Aufstützen beider Ellenbogen auf den Blastisch erleichtert die Arbeit sehr. Nach vollendeter Arbeit hält man das Glas noch einige Zeit unter fortwährendem Blasen über die Flamme und entfernt es langsam der Verflüchtigung wegen oder läßt es anrußen; ohne diese Vorsicht springt das Glas leicht, besonders wenn etwa verdickte Stellen entstanden sind oder absichtlich gemacht wurden. Hat man aber etwa ungleiche Glasforten an einander geschmolzen, so nützt in der Regel alles Verflüchten nichts, die Arbeit springt; es ist darum rathsam, die Glasröhren von derselben Glasorte und Farbe stets gesondert aufzubewahren.

Das Glasblasen erfordert überhaupt viele Uebung; manches läßt sich dabei kaum beschreiben; wenn man Gelegenheit hat einem tüchtigen Glasbläser nur zuzusehen, wird man schon vieles lernen; man darf darum diese Gelegenheit nicht versäumen.

- 30 Was nun die einzelnen Arbeiten des Glasblasens selbst betrifft, so kann hier nur von jenen die Rede sein, welche gleichsam die Elemente der übrigen bilden und häufig vorkommen, keineswegs aber von der Anfertigung besonderer Instrumente, wie der Aräometer u. dgl., welche man viel besser dem Mechaniker oder dem Glasbläser von Profession überläßt. Es gehören demnach hierher: a) das Erweitern und Verengern der Röhrenenden; b) das Ausziehen und Aufstauchen des Glases; c) das Aufschmelzen; d) das Biegen der Röhren; e) das Aufblasen von Kugeln; f) das Zusammensetzen der Röhren. Einige ganz specielle Arbeiten werden an ihrem Orte angeführt werden.

a) Abgeschnittene Glasröhren haben einen scharfen Rand, was leicht Beschädigung der Finger nach sich zieht und auch das Auspringen des Randes beim Anstoßen veranlaßt, das Aufstreifen der Kautschukröhren erschwert oder die Röhren zerschneidet. Man bringt dieselben daher in eine Spitzflamme und erwärmt den Rand nach und nach ringsum bis zum Schmelzen desselben, wobei sich die Ecken von selbst abrunden, zugleich aber auch gern die Oeffnung sich ein wenig verengert, was aber gerade für solche Röhren, welche fest durch Kork Fig. 38. gehen sollen, vortheilhaft ist. Sind die Röhren nur dünnwandig, wie



sie meist für chemische Zwecke angewendet werden, so kann diese Arbeit kurzweg an der Weingeistlampe mit dem Löthrohre gemacht werden. Soll aber die Oeffnung der Röhre gleich bleiben oder gar erweitert werden, so muß man sie unter rascherem Drehen einem stärkeren Feuer aussetzen und dann außer dem Feuer einen wie Fig. 38 geformten oder ähnlichen Eisendraht concentrisch rasch in der Oeffnung drehen und so conisch erweitern; man kann die Röhre auch auf einer zugespitzten Kohle drehen; nachher läßt man dieselbe unter erneutem Erhitzen bei rascher Drehung wieder auf das gewünschte Maas einsinken.

b) Das Ausziehen, Verengern und Aufstauchen der Glasröhren.

Soll eine Röhre an einer Stelle dünn ausgezogen werden, so hält man sie mit beiden Händen horizontal und erhitzt sie unter fleißigem Drehen auf eine breite Strecke; ist sie ringsum gleichförmig erhitzt, so zieht man sie außer dem Feuer beliebig weit aus einander, und zwar ziemlich rasch, wenn sie zu einem dünnen Faden ausgezogen werden soll. Je schmaler die erhitzte Stelle war, desto kürzer werden die kegelförmigen Verjüngungen beider Enden. War die Glasröhre dünnwandig, so ist es zweckmäßig, sie unter recht gleichförmiger Erhitzung zuerst etwas zusammensinken zu lassen, wodurch die Oeffnung enger und die Wand stärker wird, wo dann auch die ausgezogene Spitze trotz sehr enger Oeffnung noch eine gewisse Stärke behält. Soll an einer Stelle die Glasmasse mehr angehäuft werden, ohne daß eine Verengung eintritt, so schiebt man die sehr erhitzte Röhre von beiden Seiten zusammen; da aber hier gewöhn-

lich auch eine Verengung eintritt, so muß man das eine Ende verschließen und die gehörige Weite der Röhre durch Aufblasen wieder herstellen.

c) Um eine Röhre an ihrem Ende zu verschließen, wird sie erhitzt, und man schiebt die weichen Wände durch ein Eisenstäbchen oder ein Stück einer Thermometerröhre zusammen. Dabei häuft sich am Ende die Glasmasse an, was beim Erkalten gern Sprünge veranlaßt. Man erhitzt deswegen das Ende, setzt eine ebenfalls erhitzte Thermometerröhre daran und zieht mit dieser die überflüssige Glasmasse in einem Faden ab, was man vielleicht noch ein- oder zweimal wiederholen muß. Zuletzt erhitzt man das Ende der Röhre selbst etwas stärker und bläst die zugeschmolzene Stelle halbkugelförmig auf.

Soll die Röhre eben endigen, so drückt man sie im glühenden Zustande auf eine ebene Platte, ein vertiefter Boden wird durch Einsaugen erhalten, in beiden Fällen muß gut verflüht werden. Bei dem Verschließen am Ende darf man die Röhre nie so halten, daß die Flamme in die Oeffnung spielt, weil sich sonst Wasserdampf darin ansetzt, den man nicht so leicht wieder los wird; ist dieses nachher nicht schädlich, so braucht man diese Vorsicht nicht.

Bei weiten und dickwandigen Röhren ist es gleich von vornherein besser, das Glasstäbchen zu nehmen und die Wände damit gegen die Mitte zu ziehen, damit sich nicht zuviel Glasmasse anhäuft.

Soll eine Röhre an einer erst abzuschneidenden Stelle zugeschmolzen werden, so zieht man sie hier in einen Faden aus, bricht diesen kurz ab und hält das Ende ins Feuer, wo es rasch zuschnitzt; das dadurch sich bildende Glasknöpfchen wird, wie schon erwähnt, mittelst einer darangesetzten spitzen Thermometerröhre abgezogen. Da dieses Verfahren beim Schließen das zweckmäßigere ist, so schnitzt man auch oft ein Stückchen Röhrenabfall an das Ende einer zu verschließenden Röhre, um mit möglichst wenig Verlust die Röhre durch Abziehen zu verschließen. Röhren mit feiner Oeffnung — wie Thermometerröhren — braucht man überhaupt nur am Ende zu erhitzen, um sie zu verschließen; sie werden nicht aufgeblasen.

d) Das Biegen der Glasröhren ist eine sehr häufig vorkommende Arbeit. Röhren mit dünnen Wänden werden aber hiesfür nur auf der Weingeistlampe ohne Gebläse erhitzt. Eine gut gebogene Glasröhre muß ihre Scheitel in derselben Ebene haben und im Buge weder an der convexen Seite eingesunkene Stellen noch an der concaven Aufstreichungen zeigen. Man vermeidet dieses am besten, wenn man die Röhren nicht in einem scharfen Winkel, sondern in einem Bogen biegt, wobei dieselben an jeder Stelle nur wenig gebogen werden. Die concave Seite wird stets etwas stärker erhitzt. Haben sich dennoch eingesunkene Stellen gebildet, so kann man dieselben etwas aufblasen. Röhren von einem halben

Zoll und darüber innerer Weite werden über Kohlenfeuer gebogen, wobei man dieselben mit Sand füllt. Ueberhaupt ist hierbei zu bemerken, daß man die Röhren nicht stärker erhitzt, als daß sie sich eben biegen lassen.

e) Das Aufblasen von Kugeln. Soll am Ende einer Röhre eine Kugel aufgeblasen werden, so muß die Röhre zuerst gestaucht werden, um an der aufzublasenden Stelle mehr Glasmasse anzuhäufen. Am leichtesten geht dieses vor dem Abschneiden der Röhre und wird bei weiteren Röhren immer vorher vorgenommen, worauf man die Röhre erst abzieht, verschließt und das Ende abrundet. Das Aufstauchen geschieht immer außerhalb der Flamme, weil es während des Drehens der Röhre nicht geschehen kann, und die Röhre beim Ruhighalten ungleich heiß würde. Die Röhre darf beim Stanchen nicht zu heiß sein, weil sie sonst gern etwas einsinkt, man wiederholt daher besser das Stanchen mehrere Male. Hat man nämlich eine Röhre eine Strecke weit allmählig etwas aufgestaucht, so kehrt man wieder um und fährt so fort, bis man eine etwas birnförmige

Fig. 39.



Anhäufung von Glas zu Stande gebracht hat; sind die Röhren nur etwas enge, so muß man während des Stanchens dieselben immer auch aufblasen. Wenn sich beim Stanchen Wülste, wie Fig. 39, bilden, so bringt man nie mehr eine schöne Kugel zu Stande. Eben so wenig wenn die Kugel schon ganz aufgeblasen ist und fehlerhaft wurde. Wird eine Kugel in der Mitte einer Röhre aufgeblasen, so muß man am unteren Ende der Röhre, während des Aufblasens ein wenig ziehen. Bei engen Röhren — Thermometerrohren — kann man das verschlossene Ende durch eine daran gesetzte andere Röhre oder durch ein Eisenstäbchen zusammen-

menschieben; es wird aber hierbei nothwendig, von Zeit zu Zeit in die Röhre zu blasen, weil sich sonst die Röhre vom Ende her zu weit verschließt, und man geübt wird, wieder einen Theil des Glases in Fäden abziehen, wie es unter c) angegeben ist. Sehr enge Thermometerrohren verschließt man manchmal auch am anderen Ende und erwärmt sie etwas in ihrer ganzen Länge, um durch die Ausdehnung der Luft die Oeffnung beim Stanchen zu erhalten und sogar ein Wenig aufzutreiben.

Ist die Glasmasse gehörig vorbereitet, so erhitzt man unter fleißigem, stetem Drehen nach derselben Richtung das zur Kugel bestimmte Ende bis zur hellen Rothglüh Hitze, oder bis zum Weißglühen, faßt Athem, nimmt die Röhre in den Mund, hält sie senkrecht abwärts und bläst die Kugel etwas auf, wodurch sich die Glasmasse schon gleichförmiger vertheilt; sie wird nun ein zweites Mal erhitzt und dann erst bis zur erforderlichen Größe aufgeblasen, wobei man anfänglich schwach, später aber, wie das Glas kälter wird,

immer stärker bläst. Dieses zweimalige Blasen ist beinahe unerläßlich, wenn die Kugel schon rund und gleichförmig dick im Glase werden soll. Bläst man beim zweiten Male anfänglich zu stark, so wird die Kugel gern zu groß oder platzt wohl auch, wobei die davonfliegenden Glashäutchen so dünn sind, daß sie die schönsten Newton'schen Farben zeigen. Man wird bei den ersten Versuchen diese Vorsicht sehr überflüssig finden, da man anfänglich meist nicht Hitze genug aufbringt, um nur die Kugel gehörig aufblasen zu können; allein später wird sich dieses schon anders gestalten.

Will man größere Kugeln, wie die bei den Versuchen mit der Luftpumpe angeführten, blasen, so nimmt man Glasröhren, die etwa $1\frac{1}{2}$ bis 3 Linien im Durchmesser haben, zieht sie zuerst nach dem Stauchen beiderseits wie Fig. 40 aus, verschließt sie an der Spitze und bläst sie nun sehr dünn auf; nach dem Aufblasen hält man sie seitwärts an die Flamme, um sie platt werden zu lassen,

Fig. 40.



Fig. 41.



worauf man sie in eine dünne Spitze von der Röhre abzieht. Man faßt sie nun nach dem Erkalten an der daran befindlichen Röhre und bringt die Spitze rasch in die Flamme, um dieselbe zuzuschmelzen,

ohne daß die Kugel selbst erwärmt, also ohne daß die darin enthaltene Luft ausgedehnt wird.

Sogenannte Glasbomben werden behandelt wie die eben erwähnten Kugeln, nur läßt man sie rund und faßt sie nach dem Abbrechen mit einer aus dünnem Drahte gemachten Zange, wie Fig. 41, erhitzt sie über der Flamme von allen Seiten ziemlich stark, doch nicht so weit, daß das Glas weich wird, und schmilzt dann die sehr fein ausgezogene Spitze rasch zu. Sie geben einen Knall, wenn man sie auf den Boden wirft.

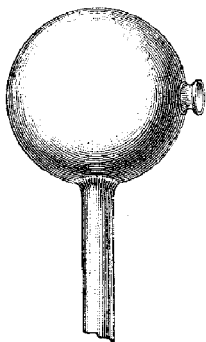
Für Kugeln mit einem Henkel, wie sie z. B. bei den Versuchen über das specifische Gewicht gebraucht werden, muß man mehr Glas aufstauchen, da sie stark werden sollen; auch darf man den Hals zwischen Kugel und Röhre nicht geradezu ausziehen, sondern muß hier die Röhre erst stark einsinken lassen, damit dieser Theil stärker wird, weil er später den Henkel bilden muß. Die Umbiegung zum Henkel macht man nach dem Abschneiden durch ein Eisenstäbchen.

f) Sollen zwei Röhren an einander gesetzt werden, so müssen deren Oeffnungen gleich fein oder durch Erweiterung der engeren gleich gemacht werden, die Ränder aber müssen eben sein und gut zusammenpassen; eine

der Röhren wird am anderen Ende verschlossen. Beide Röhren werden dann gleichzeitig erhitzt und außerhalb des Feuers an einander gedrückt, wobei kein zu starker Wulst entstehen darf. Man erhitzt sodann die Fuge in einer spitzigen Flamme und bläst die Verbindungsstelle ein wenig auf; hierauf erhitzt man wieder, wobei der Wulst etwas einsinkt, und bläst ihn dann wieder schwach auf, was man so lange wiederholt, bis die Schweißstelle glatt ist und sich die beiden Gläser gut in einander verzogen haben, worauf man sie zuletzt auf die gewünschte Dike einsinken läßt und allenfalls, wenn nöthig, auf diese staucht oder streckt. Ohne dieses wiederholte Aufblasen springen die Röhren nach dem Erkalten leicht an der Vereinigungsstelle.

g) Das Eröffnen von Kugeln und Röhren. Dester kommt der Fall vor, daß man an einer Kugel oder Röhre eine zur Seite gehende Oeffnung haben muß, wie in Fig. 42. Man setzt für diesen

Fig. 42.



Zweck eine etwas dünne, stark erhitzte Thermometer-
röhre an die betreffende Stelle, die man schwach er-
hitzt, und zieht dann mittelst der Röhre die Kugel,
nachdem man sie auf dieser Stelle etwas stärker erhitzt
hat, in eine Spitze aus, welche sodann abgebrochen
und an der Spitzflamme mit abgerundeten Rändern
versehen wird, wobei man die Oeffnung mittelst eines
Eisenstäbchens regulirt und um dieselbe wohl auch
einen Glasfaden zur Verstärkung des Randes legt.
Letzteres geschieht so, daß man ein dünnes spitziges
Glasstäbchen glühend macht, mit seiner Spitze am
Rande der Oeffnung aufschmelzt und nun die Spitz-
flamme auf den der Spitze zunächst gelegenen Theil

richtet, den man allmählig zum Faden auszieht, und den Faden, wie er sich bildet, an den Rand der Röhre anlegt; eine vollkommnere Verschmelzung des Randes mit dem Faden wird nachher noch vorgenommen. Anstatt eine Glasröhre aufzuschmelzen, kann man auch die zu öffnende Stelle an der Stichtlamme erwärmen und warzenförmig aufblasen; man wiederholt dieses und bläst zuletzt stark, um die Stelle zum Plagen zu bringen.

Das Oeffnen geschieht auch zweckmäßig so, daß man warzenförmig auf-
bläst, was durch öfteres Erwärmen vorn an der Warze geschieht, Fig. 43, dann
vorn, wo die Halbkugel aufhört, einen Feilstrich macht und einen gebogenen
glühenden Draht daran legt; man kann den Sprung gewöhnlich leicht herum-
führen, oft aber muß man die erhitzte Stelle nach und nach ein wenig befeuch-
ten, um den ersten Riß zu erzeugen. Dieses Verfahren eignet sich aber nur

für Kugeln von starkem Glase, oder um Glasröhren am zugeschmolzenen Ende wieder zu öffnen.

Fig. 43.



Fig. 44.



Man hat zu diesem Sprengen einen gebogenen Draht, wie Fig. 44, von etwa 2 bis 3 Millimeter Durchmesser, der in der Schmelzflamme erhitzt wird.

Soll an die geöffniete Stelle einer Glasröhre eine andere angefügt werden, so muß diese eben sein und die Oeffnung gerade der Glasröhre gleich und eben gemacht werden. Man setzt dann stumpf aneinander mittelst der Stichflamme. Vollkommen gut wird die Vereinigung nur dann, wenn man zwei von den drei Oeffnungen zustopft, die Wölbstelle aufbläst und dann wieder einsinken läßt.

Soll die Röhre oder Kugel nur eine feine Oeffnung zur Seite haben, so kann man die Stelle an der Spitzflamme erwärmen und auf einmal ausblasen; sie bekommt dann leicht eine kleine Oeffnung, die man durch nachheriges Glühen noch verändern kann. Bedarf man übrigens nur einer Oeffnung und nicht auch zugleich an dieser eines ausgezogenen Randes, so bohrt man dieselbe lieber auf die in §. 16 angegebene Weise oder auch mittelst des Diamantes, wenn es die Stärke der Wand zuläßt.

Glasschneiden mittelst des Diamants erfordert 31 nur einige Uebung in Bezug auf die Vertheilung, in welcher Entfernung vom Pincal der Schnitt entsteht, was natürlich von der Fassung des Diamants abhängt. Die Seite der Fassung, welcher dem Pincal zugekehrt werden muß, ist stets auf der Fassung bezeichnet. Die Art, den Diamant zu führen, daß er rein schneidet, muß man sich auf einigen Glascherben erwerben. Ein reiner Schnitt geht ziemlich tief in das Glas und zeigt nirgends mehliges Staub.

Glasätzen. In vielen Fällen ist es nothwendig, Scalen u. dgl. auf 32 Glas zu ätzen, da das Einritzen der Scalen mit dem Schreibdiamant, namentlich bei Glasröhren, keine schön geraden Striche liefert, indem man kein Pincal anwenden kann, und außerdem das Glas an den geritzten Stellen immer gern bricht. Um auf Glas zu ätzen, reinigt man das Glas mit Lauge, wäscht es wieder mit Wasser und trocknet es mit Leinwand. Als Neggrund kann man Klebwachs oder Wachs nehmen, welches man auf die erwärmte Röhre dünn aufträgt. Einen besseren Neggrund giebt der Kupferstecher-Firnif, den man erhält, wenn man 2 Thle. weißes Wachs, 1 Thl. Mastix, $\frac{1}{2}$ Thl. Asphalt und

$\frac{1}{2}$ Thl. Terpentin in einem neuen irdenen Topfe bei gelindem Feuer etwa $\frac{1}{2}$ Stunde lang im Flusse erhält, damit die Unreinigkeiten zu Boden sinken, sodann den oberen Theil der Masse in Wasser gießt und daraus einen eigroßen Ballen formt, den man in ein Stückchen Taffet bindet. Mit diesem Ballen bestreicht man die erwärmte Thermometerröhre. Ist der Firniß erkaltet, so radirt man die Scale mit einer stählernen Nadel ein. Das Theilen kann auf der Theilmaschine geschehen, hat man diese aber nicht, so theilt man die Scale auf Papier, welches auf Holz geleimt ist, verfertigt aus einem 2 bis 3 Fuß langen Stabe eine Art von Stangenzirkel mit zwei Nadeln, befestigt die getheilte Scale und das zu theilende Glas in solcher Entfernung in gerader Linie auf einen Tisch, als die Länge des improvisirten Stangenzirkels erfordert, setzt die eine Spitze desselben nach und nach in die Theilstriche der Scale, hält sie dort mit der einen Hand und reißt mit der anderen Hand und der anderen Nadel die kurzen Theilstriche in den Aetzgrund, wobei immer das glänzende Glas zum Vorschein kommen muß; die Zahlen sind leicht beizusetzen. Es wird sodann in eine entsprechend lange Bleirinne gepulverter Flußpath gebracht, mit gleichviel Vitriolöl befeuchtet und das Glas mit der getheilten Scale entweder dicht darüber angebracht, oder in einer Entfernung von etwa 3 Zoll befestigt, wobei aber die Flußpathdämpfe durch ein über die Röhre gehängtes Papier zusammengehalten werden müssen. Der Apparat wird unter einen Kamin gestellt, so daß der Luftzug von einem gegenüber geöffneten Fenster die flüchtigen Dämpfe von dem Arbeiter wegtreibt, da dieselben sehr schädlich sind. Die Entwicklung des Gases geht bei gewöhnlicher Lufttemperatur schon vor sich, allein nur langsam; man erwärmt daher die Bleirinne gewöhnlich gelinde mit der Weingeistlampe, wobei weiße Dämpfe aufsteigen, in welchen man die Scale läßt, bis die früher glänzenden Theilstriche weiß erscheinen, worauf man unter Erwärmung den Aetzgrund mit Fließpapier und etwas Terpentinöl abwischt. Gewöhnlich werden die Theilstriche durch den Finger mit Tusch eingerieben, oder mit Zinnober, den man mit Terpentinöl angemacht hat, und das übrige durch Fließpapier abgewischt.

Drittes Capitel.

Von der Behandlung der Metalle.

Messing und Kupfer. Diese beiden Metalle bedürfen nur dann **33** einer besonderen Behandlung, wenn dieselben entweder besonders weich oder besonders hart sein sollen. Im ersteren Falle werden dieselben einfach ausgeglüht. Köstet man sie glühend in Wasser ab, so werden sie eher noch weicher und nicht, wie der Stahl, hart, so daß das Ablöscheln nur den Vortheil hat, daß namentlich bei Kupfer der Glühspan abfällt und man so das Metall gleich rein erhält.

Hart werden diese Metalle durch Hämmern, und man kann aus Messing auf diese Art sehr gute Federn erhalten. Braucht man harten Draht, so nimmt man gewöhnlichen Draht, aber etwas dicker als nöthig, und läßt ihn einige Mal durch das Ziehheisen nehmen, wozu gewöhnlich jeder Gürtler und jeder Goldschmied eingerichtet ist. Liebt man sich indeß mehr mit Anfertigung physikalischer Apparate ab, so kommt man ziemlich oft in den Fall, Draht ziehen lassen zu müssen, wenn auch nur, um ihn, wie bei Platindraht, den man nicht in jeder Nummer kaufen kann, einen anderen Durchmesser zu geben, weshalb man für diesen Fall besser thut, sich ein eigenes Ziehheisen anzuschaffen.

Das Verfahren bei dem **Drahtziehen** ist sehr einfach, wenn es sich **34** nur um kurze Stücke handelt. Das Ziehheisen kommt zwischen Kupferblech in den Schraubstock; der vorhandene Draht wird soweit dünner gefeilt, daß er willig durch das nächste kleinere Loch gesteckt werden kann und noch etwa zwei Linien darüber hervorsteht. Dieses hervorragende Ende wird mit einer Flachzange gut gefaßt und dann der mit Fett bestrichene Draht langsam und stetig durchgezogen. Wenn der Draht durch einige Löcher gezogen ist, muß er wieder ausgeglüht werden, wenn das Ziehen noch weiter fortgesetzt werden soll. Doch ist letzteres bei Platindraht nur selten vorzunehmen. Für Platin dürfen die Durchmesser der Ziehlöcher auch nur sehr langsam abnehmen. Bei Eisendraht muß derselbe nach dem Ausglühen mit Emirgelpapier gepulvt werden, weil der Glühspann die Ziehlöcher sehr schnell verdirbt; mit Ausschluß atmosphärischer Luft zu glühen, ist aber für solche Kleinigkeiten zu umständlich. Zum Einschmieren wird meist ein festeres Fett als Del genommen.

Eisen und Stahl. Stahl ist, wie Glas, je nach der Behandlung ein **35** spröder oder mehr oder weniger elastischer Körper. Soll der Stahl glashart

werden, so macht man denselben — wenn es gewöhnlicher Stahl ist — hell rothglühend und taucht ihn dann plötzlich in möglichst kaltes Wasser; Gußstahl wird nur kirschroth glühend gemacht und ebenso abgekühlt. Es muß dabei die beim Glühen entstandene Schicht von Oxiduloxhd abfallen und der Stahl weiß erscheinen; doch ist dieses nicht immer der Fall und der Stahl ist doch hart, wenn man ihn mit der Feile probirt. Längere Stücke von Stahl werfen sich bei dem Abbläsen gern und können nachher nur durch Schleifen in die gehörige Form gebracht werden. Das sicherste, wenngleich nicht unfehlbare Mittel, das Werfen zu verhüten, besteht darin, daß man das Stück rasch eintaucht, während man es seiner größten Dimension — seiner Länge nach senkrecht hält. Größere, namentlich längere Stücke sind schwer gleichförmig hart zu machen, da man dazu eines sehr ausgebreiteten Feuers bedarf, um sie durchweg gleichmäßig zu glühen. Dicke Stücke bekommen beim Härten gern Risse, springen wohl auch ganz ab. Man begegnet diesem Uebelstande am sichersten durch Eintauchen in Wasser von 45° R., wobei ebenfalls die erforderliche Härte erzielt wird. Größere Stücke Stahl läßt man beim Schmiede härten, oder noch besser beim Feilenhauer, wenn man hierzu Gelegenheit hat.

Glashart — spröde — ist der Stahl selten nöthig; allein es liegt nicht in unserer Gewalt, ihm gleich von Anfang einen beliebigen Grad von Härte und Elasticität zu geben, wenigstens sind die für das Abbläsen vorgeschlagenen Metallbäder hier sowohl, wie für die meisten Feuerarbeiter, zu umständlich. Dagegen aber können wir vollkommen gehärteten Stahl in beliebigem Grade wieder erweichen, indem wir seine Oberfläche hell schleifen und ihn dann allmählig erwärmen, wobei er nach und nach seine Farbe in Gelb, Purpur, Blau und Grau ändert; es ist hierbei ebenfalls auf möglichste Gleichförmigkeit der Erwärmung zu sehen. Kleinere, oder überhaupt ihrer ganzen Ausdehnung nach zu erwärmende Stücke dürfen darum nicht mit der Zange gehalten, sondern müssen auf einem Bleche erwärmt werden. Werkzeuge aller Art, welche in Metall schneiden sollen, wie Drehstähle, Bohrer zc., läßt man nur hajegelb, Instrumente, welche für Holz bestimmt sind, also eine unter einem spitzigen Winkel anlaufende Schneide erhalten müssen, purpurroth, Federn, welche nur sehr wenig Bewegung zu machen haben, blau anlaufen, ganz große Federn selbst grau. Dicke Federn, welche große Bewegung machen sollen, brennt man mit Fett ab, d. h. man bestreicht sie mit Fett und erwärmt sie bis zur Entzündung desselben, worauf sie wie bei jedem anderen Anlaufenlassen in kaltem Wasser abgekühlt werden.

Bohrer, Drehwerkzeuge u. dgl. werden nicht ihrer ganzen Ausdehnung nach gehärtet, sondern nur bis auf wenige Linien von der Schneide an rückwärts, um das öftere Abbrechen zu verhüten; Instrumente aber, welche ihrer Form nach nicht nachgeschliffen werden können, härtet man nur ganz vorn. Bei diesem Verfahren sind solche Instrumente dann hinter dem bereits abgekühlten Ende noch roth-

warm und man läßt diese Wärme sich über das abgekühlte Ende verbreiten, bis dieses die erforderliche Farbe erhalten hat, worauf man erst das ganze Instrument abkühlt.

Gußstahl verliert seine guten Eigenschaften, wenn er über hellkirchroth glühend gemacht wird, und selbst geringeres Glühen darf nicht öfter wiederholt oder lange fortgesetzt werden, ohne daß der Stahl darunter leidet. Solcher verbrauchter Stahl kann jedoch wieder hergestellt werden, wenn man ihn im dunkelrothwarmen Zustande in folgender Masse, die sich im geschmolzenen Zustande befindet, ablöscht. 1 Pfd. Talg wird mit $\frac{1}{4}$ Pfd. Pech geschmolzen und dieser Mischung wird im fein gepulverten Zustande beigerührt: $\frac{3}{4}$ Pfd. Salniak, $\frac{1}{4}$ Pfd. Blutlaugensalz, 3 Loth Pfeffer, 2 Loth Seife und eine Handvoll Kochsalz, — so lautet wenigstens das Recept, dem indeß wohl Niemand wörtlich folgen wird, da ein solches Durcheinander in seinen Verhältnissen gewiß nie ein Resultat der Erfahrung ist. Der Verfasser bedient sich mit gutem Erfolg lediglich eines Gemenges aus ungefähr gleichen Theilen Harz, Talg und Fischthran — für welchen letzteren wohl auch anderes Del gebraucht werden könnte. Wiederholtes Ablöschen in kochendem Wasser soll gleiche Dienste thun; jedenfalls müssen diese Stücke mehrere Male so behandelt werden. Der auf diese Weise regenerirte Stahl wird nachher gehärtet wie gewöhnlich.

Stahl, besonders aber Eisen, soll auch manchmal sehr weich gemacht werden. Man glüht es zu dem Ende und läßt es unter Kohlenbedeckung langsam erkalten. Eisen wird, wenn man es sehr weich haben will, mit Lehm dünn umgeben und dann geglüht; ganz besonders weich wird dasselbe, wenn es in irgend einem Behälter — Tiegel, Rohr — mit Hammerschlag umgeben geglüht wird.

Anfertigung von Werkzeugen. Werkzeuge zu verfertigen ist 36 freilich weder die Aufgabe des Liebhabers der Physik, noch die des Lehrers, und man wird immer besser thun, da, wo es die Mittel erlauben, dergleichen Dinge zu kaufen, als selber zu machen. Aber gerade unter den nothwendigsten Werkzeugen giebt es solche, die man gar nicht zu kaufen bekommt, die man also geradzu selber machen muß, will man nicht jeden Augenblick zum Zeugschmied laufen und oft noch größere Apparate mit dahin nehmen. Unter diesen stehen obenan Gewindebohrer nebst den zugehörigen Backen und gewöhnliche Metallbohrer. Darum mag hier das Nöthigste über deren Anfertigung Platz finden.

Werkzeuge zur Anfertigung von Schrauben. Unter den 37 anzuschaffenden nothwendigsten Werkzeugen ist bereits in §. 6. eine Schraubenfluppe aufgeführt; man erhält dazu gewöhnlich auch einige Bohrer, welche indeß meist kurz und wenig zu gebrauchen sind, weshalb man sich zu den vorhandenen Gewinden sofort eine Anzahl neuer Bohrer von verschiedener Dicke machen muß,

so daß immer der nächst dickere am Anfange noch etwas dünner ist, als der nächst vorhergehende an seinem dickeren Ende. Solche Bohrer dürfen überhaupt nur wenig an Dicke zunehmen, man arbeitet dann schneller damit, die Mätern werden cylindrischer, und man bricht sie weniger leicht ab; dünne Bohrer dürfen auch nicht zu lang gemacht werden; es ist ein gutes Verhältniß, wenn die Länge sechsmal so groß ist als die Dicke, und wenn auf diese Länge der Durchmesser um die Gewindtiefe zunimmt; doch läßt man die Dicke des Bohrers im ersten Drittheile gewöhnlich etwas rascher wachsen, und vertheilt also die ganze Zunahme nicht gleichförmig auf die Länge. Am dicken Ende wird das Gewinde wieder ganz weggedreht und man giebt den Bohrern dann noch einen viereckigen Zapfen, um sie bequem mit dem Feilkloben fassen zu können. Die Stärke dieses Zapfens richtet sich natürlich nach dem Maße des Windeisens — d. h. des Hebels, durch den er gedreht werden soll, — wenn man ein solches hat; aber auch ohne dies macht man die Zapfen an allen Bohrern von nicht gar zu verschiedener Dicke gleich stark.

Wenn das Gewinde auf solchen Bohrern beinahe ausgeschnitten ist, feilt man noch einmal mit der Schlichtfeile die hervorgetriebenen Gräte ab und schneidet das Gewinde dann erst noch einmal vollkommen rein aus; zuletzt werden solche Bohrer auf vier Seiten sauber befeilt, so daß das Gewinde hier ganz entfernt wird, worauf man sie zur Entfernung des Feilgrates noch einmal leicht durch das Schneidezeug gehen läßt. Am Anfange braucht man indessen das Gewinde nicht ganz wegzufeilen, man gewinnt dadurch an sicherer Führung, wenn der Bohrer das Gewinde erst anfangen soll. Die Bohrer werden zuletzt gehärtet und hafergelb angelassen; den viereckigen Zapfen aber läßt man noch einmal für sich blau anlaufen.

Soll eine Schraubenmutter, die nicht durchgeht, bis auf den Grund gut ausgeschnitten werden, so nimmt man einen Bohrer, der nur wenige Umgänge hat, aber cylindrisch ist. Fig. 45 zeigt einen gewöhnlichen Gewindbohrer.

Fig. 45.



Die erste Arbeit, welche mit der erkauften Schneidekluppe gemacht wird, sollte eigentlich in der Anfertigung von Mutterbohrern bestehen, d. h. solchen Bohrern, welche nur dazu bestimmt sind, wieder neue Backen in das Schneidezeug zu machen, wenn die alten schadhaft geworden sind, außerdem aber nicht gebraucht werden. Solche Bohrer sollten eigentlich einen Durchmesser haben, der um die doppelte Gewindtiefe größer ist als jener der Schrauben, welche mit den

Baden gefertigt werden sollen; es wird jedoch hiermit nicht genau genommen, da das Verhältniß zwischen dem Durchmesser der Schraube und der Breite und der Tiefe eines Schraubenganges innerhalb sehr weiter Gränzen willkürlich ist, ohne daß deswegen eine Schraube verwerflich wird. Verwerflich aber ist eine Schraube — ganz besondere Fälle ausgenommen —, wenn der Zahn nicht mindestens noch ein gleichseitiges Dreieck bildet und wenn dieselbe so dünn ist, daß der äußere Durchmesser zum inneren sich nicht noch mindestens wie $\sqrt{2}:1$ verhält; ist nämlich dieses nicht der Fall, so kann man bei Anfertigung des Bohrers die Schraubengänge nicht mehr von vier Seiten bis auf den Grund wegfeilen, folglich auch nicht einen brauchbaren Bohrer herstellen. In diesem Falle wäre die Tiefe des Ganges etwa noch $\frac{1}{4}$ vom Durchmesser der Schraube, und man geht für Schrauben, welche bedeutende Kraft aushalten sollen, nicht leicht unter $\frac{1}{8}$, besondere Fälle, wie Schrauben, die eine feine Bewegung hervorbringen sollen, oder bei Deckeln u. dgl. ausgenommen.

Anmerkung. Whitworth hat für größere Schrauben folgende Verhältnisse angegeben.

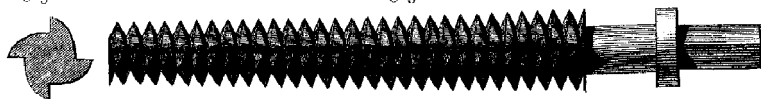
Durchmesser der Schraube.	Zahl der Gewinde auf 1 Zoll Länge.	Verhältniß der Steigung zum Durchmesser.	Durchmesser der Schraube.	Zahl der Gewinde auf 1 Zoll Länge.	Verhältniß der Steigung zum Durchmesser.
$\frac{1}{4}$ Zoll	20	1 : 5	$1\frac{1}{8}$ Zoll	7	1 : $7\frac{7}{8}(?)$
$\frac{5}{16}$ "	18	1 : $5\frac{5}{8}$	$\frac{1}{4}$ "	7	1 : $8\frac{3}{4}$
$\frac{3}{8}$ "	16	1 : 6	$1\frac{3}{8}$ "	6	1 : $8\frac{1}{4}$
$\frac{7}{16}$ "	14	1 : $6\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{2}$ "	6	1 : 9
$\frac{1}{2}$ "	12	1 : 6 (?)	$1\frac{5}{8}$ "	5	1 : $8\frac{1}{8}$
$\frac{5}{8}$ "	11	1 : $6\frac{7}{8}$	$1\frac{3}{4}$ "	5	1 : $8\frac{3}{4}$
$\frac{3}{4}$ "	10	1 : $7\frac{1}{2}$	$1\frac{7}{8}$ "	$4\frac{1}{2}$	1 : $8\frac{7}{16}$
$\frac{7}{8}$ "	9	1 : $7\frac{7}{8}$	2	$4\frac{1}{2}$	1 : 9
1	8	1 : 8			

Diese Tabelle giebt für die Gangtiefe durchschnittlich $\frac{1}{7.5}$, wenn man wie eben die Wegfeilbarkeit der Gänge voraussetzt.

Wohl aber findet man an größeren Maschinen Schrauben, wo die Gewindtiefe $\frac{1}{8}$ des äußeren Schraubendurchmessers beträgt; für solche Fälle müssen aber dann die Gänge abgefeilt werden, wie Fig. 46 und 47 zeigen.

Fig. 46.

Fig. 47.



Dünnere Schrauben erhalten überhaupt Gänge, deren beide Flächen einen stumpfen Winkel machen; indessen ist es nicht zu empfehlen, die Schraubengänge ganz scharf auslaufen zu lassen; man rundet dieselben auf der Kante gerne ein wenig ab.

Bei den Mutterbohrern werden die Gänge nicht weggefeilt, sondern der Bohrer wird ganz cylindrisch gedreht und erhält nur vier spiraltig verlaufende Einschnitte, Fig. 48. Abgedreht wird er an zwei Spitzen, so daß man ihn auch nachher wieder an die Drehbank nehmen kann.

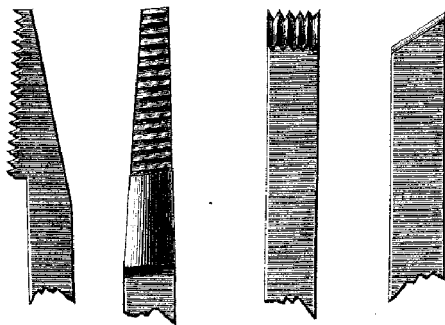
Fig. 48.



Ein solcher Mutterbohrer dient nämlich zur Anfertigung zweier weiterer Werkzeuge, deren man sich beim Schraubenschneiden bedient; man bekommt dieselben zwar überall zu kaufen, sie sind aber dann ganz besonders bequem, wenn sie dieselben Gewinde geben, welche man im Schneidezeug hat; es sind dieses die sogenannten Schraubstähle, wovon je ein äußerer und innerer Stahl zusammen gehören. Fig. 49 und 50 zeigen ein Paar solcher Stähle und es

Fig. 49.

Fig. 50.



lassen sich dieselben ziemlich leicht anfertigen, wenn man die Mutterbohrer als Fräße auf der Drehbank dazu benutzen kann. Die käuf-

lichen Schraubstähle werden freilich auf dicken Fräsen gemacht, als die Mutterbohrer sind, allein es geht auch mit diesen. Solche Schraubstähle sind darum sehr bequem, weil man da-

mit rasch, ohne die Arbeit von der Drehbank zu entfernen, Gewinde einschneiden kann, wobei man an gar keine Dicke des Cylinders gebunden ist. Die dazu erforderliche Uebung erwirbt sich leicht, auch ohne daß die Drehbank mit dazu gehörigen Patronen versehen ist; wenn man dabei nur die Vorsicht anwendet, einen stählernen Support zu gebrauchen und nicht einen mit Holz gefütterten, obwohl die letzteren sonst für Metaldreherei vorzuziehen sind.

Bisher war nur davon die Rede, die mit der Schneidekluppe erkauten 4 bis 6 Gewinde allseitig nutzbar zu machen. Allein wenn man nach und nach aus verschiedenen Werkstätten Apparate angeschafft hat und da eine kleine Verbesserung, dort irgend eine Vorrichtung anbringen möchte, um den Apparat auch noch zu anderen Zwecken dienstbar zu machen, so wird man bald finden, daß man eine viel zu kleine Auswahl von Gewinden besitze. Man muß darum darauf denken, gelegentlich durch scharfe tiefe Gewinde diese Lücken auszufüllen, und von fremden Bohren weitere Backenpaare in die Kluppe abschneiden, wodurch man bald eine gehörige Auswahl erhalten wird.

Sollte man in den Fall kommen, ein Gewinde haben zu müssen, für das man keinen Bohrer zu leihen bekommen kann, so verfertigt man zuerst von Hand einen äußeren Schraubstahl. Hierzu bedient man sich zuletzt, um die Zähne tief und im Grunde scharf auszuheilen, einer auf beiden Seiten messerförmigen Feile, und schleift den Hieb auf einer Seite weg, um eine recht messerscharfe Kante zu erhalten. Mit einem solchen Stahle kann man dann für die Drehbank eine messingene Patrone machen und mit Hilfe derselben einen Mutterbohrer.

Das Schneiden der Schrauben und Muttern ist eine leichte 38 Arbeit. Bei den ersteren hat man nur darauf zu sehen, daß der zur Schraube — am besten auf der Drehbank — vorgerichtete Cylinder nur nothdürftig die erforderliche Dike habe, weil die Schraube immer etwas austrägt, und daß man die Schneidekluppe rechtwinklig zur Ase des Cylinders aufsehe. Ist der letztere dicker als die Höhlung im Schneidezeug, so erwächst daraus an sich kein Nachtheil, wenn die Differenz nicht zu groß ist; allein man muß dann im Anfange das Schneidezeug sehr langsam vorwärts drehen und die Backen immer mehr anziehen, bis der erste Umgang vollendet ist, weil man sonst leicht in einen falschen Gang kommen kann. Bei der Verfertigung von Schraubenmuttern müssen dieselben so weit gebohrt sein, daß man etwa zwei bis vier Umgänge des Schraubenbohrers hineinstecken kann, worauf man unter mäßigem Druck auf den Bohrer letzteren in die Oeffnung hineinschraubt. In beiden Fällen kann man meist nicht ununterbrochen fort-drehen, sondern muß durch Hin- und Herbewegung die Reibung in den schon gebildeten Theilen der Schraube zu mindern suchen, was man natürlich bei der Bildung der Schraube mehr in seiner Gewalt hat, als bei der Mutter. Allein gerade bei der Bildung der Schraube muß man sich hüten, das Schneidezeug zu scharf anzuziehen, weil man sonst wenigstens dünne Schrauben gern abbreht. Bei der Bildung der Mutter wird es meistens nöthig, den Bohrer zuletzt auch noch von der entgegengesetzten Seite hineinzuschrauben, um eine gleichmäßige Form der Gewinde zu erzielen; doch wird dieses

überflüssig, wenn die Schraubengänge am Ende wie in Fig. 51 wieder eine Strecke weit weggedreht sind und die Mutter nicht zu dick ist.

Fig. 51.



Bei der Anfertigung eiserner Schrauben muß reichlich Del angewendet werden, ebenso bei Kupfer. Messing wird trocken bearbeitet.

Ziemlich oft braucht man Schrauben mit breitem Messingkopfe. Man sägt dazu entweder ein viereckiges Stück aus einer Messingplatte, körnt es an, rißt mit dem stählernen Federzirkel einen Kreis darauf und befeilt es roh rund, oder man sägt eine runde Scheibe von einem Messingstabe herunter. Wenn die Scheiben gebohrt sind, richtet man den Schaft entweder auf der Drehbank, wie Fig. 52, um den dünnen Theil nur durch einige Schläge in das gebohrte Loch

Fig. 52.



der Scheibe treiben zu können, oder man befeilt diesen Theil eckig und treibt ihn ein; in jedem Falle wird er dann gewöhnlich mit Zinn verlöthet. Der über den Kopf hervorstehende Zapfen *a* dient zum Einspannen

auf die Drehbank und nachher beim Schneiden des Gewindes zum Einspannen in den Schraubstock oder Feilkloben; er wird zuletzt weggefeilt und dann wird entweder die ganze obere Fläche des Kopfes eben gefeilt oder die fertige Schraube in ein Holzfutter gesteckt und auch diese Seite abgedreht. Gewöhnlich erhalten solche Köpfe einen gekörnten Rand, der einfach dadurch erhalten wird, daß man gegen den als ein halbrundes Stäbchen abgedrehten Rand ein sogenanntes Randerrad hält und nun die Drehbank rasch umlaufen läßt.

- 39 **Metallbohrer** macht man aus Gußstahl, den man im Handel in jedem Querschnitte bekommen kann. Die dünnern werden aus Rundstahl gemacht und der rund gefeilte dünnere Theil vorn breit geklopft; sie erhalten eine von beiden Seiten zugeschärfte Spitze, damit man sie genau auf vorgezeichnete Punkte ansetzen kann. Am anderen Ende bekommen sie einen viereckigen Zapfen, mit welchem dieselben wie alle Bohrer in ein mit entsprechender Oeffnung versehenes Stahlfutter der Drehbank und in die Bohrwinde passen müssen; doch werden die dünnern auch bleibend in Holzfuttern befestigt, welche auf die Drehbank passen. Fig. 53 zeigt einen solchen Bohrer und giebt zugleich das ungefähre Maas an, bis zu welchem man die Bohrer mit einer von beiden Seiten zugeschärfsten Schneide versteht. Der Winkel, welchen die Spitze bildet, wird oft viel spiziger genommen, als hier gezeichnet ist, ohne daß der Bohrer darum

weniger tauglich wäre; bei größeren Bohrern erhält die Schneide eine andere Form, wovon unten. Die kleinsten Bohrer, für Löcher von 1 Millimeter und

Fig. 53.



Fig. 54.

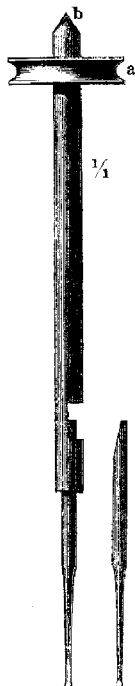
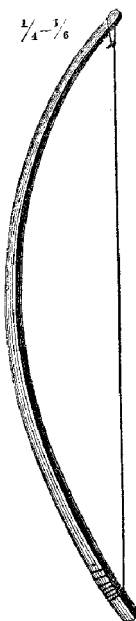


Fig. 55.



darunter, benutzt man meist nicht mehr an der Drehbank, sondern man steckt dieselben in eine Bohrwellen, wie sie in Fig. 54 abgebildet ist, und setzt diese mittelst des aus einem Stabe von Fischbein gemachten Drehbogens, Fig. 55, in Bewegung, indem man die Saite desselben einmal um die Rolle a, Fig. 54, herumschlägt. Man stützt dann die Spitze b gegen ein in den Schraubstock gespanntes angefeiltes Messingstück, drückt mit der linken Hand das zu bohrende Stück gegen den Bohrer und führt mit der rechten den Drehbogen auf und nieder, ohne mit demselben zu

drücken. In den Backen der kleinen Schraubstöcke sind meist schon Löcher für die Spitze b. Da der Druck hauptsächlich mit dem Dammen ausgeübt wird, so muß man auf das Bohrstück Holz legen, damit man sich nicht verwundet, wenn der Bohrer durchgeht; der Bohrer bricht dabei auch weniger ab, als wenn er frei durchfallen kann. Größere Bohrer werden aus rundem oder vierkantigem Stahle gemacht, den man vorn breiter schmiedet, wobei ein wiederholtes Abhämmern mit schwachen Hammerschlägen und in schwach rothwarmem Zustande des Stahles die Schneide besonders zähe macht. Sie werden auf jeder Seite der Spitze nur von einer Seite her unter einem ziemlich stumpfen Winkel zugeschärft, wie Fig. 56 (a. f. S.) zeigt, und erhalten also eigentlich keine Spitze, sondern statt derselben eine schiefe Linie; darum muß man für dieselben entweder mit der Kernspitze oder auf der Drehbank einen tieferen Anfang vorbereiten als für die kleineren Bohrer, wenn sie richtig am verlangten Punkte eingreifen sollen. Bohrer,

welche größer sind als Fig. 56, erhalten meist die Form von Fig. 57; ihre Schneide ist gerade und sie haben in der Mitte eine kurze vierkantige scharfe

Fig. 56.

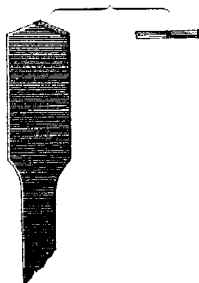
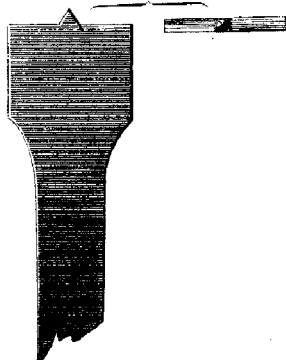


Fig. 57.



Spitze. Solche Bohrer sind besonders da nothwendig, wo eine Oeffnung nicht durchgebohrt, sondern nur leicht ausgefräst werden soll.

Bei dem Bohren auf der Drehbank wird entweder das zu bohrende Stück durch den Dorn des beweglichen Reitstockes und ein an diesen gestecktes passendes Holz gegen den umlaufenden Bohrer gedrückt, oder das Bohrstück läuft um und der Bohrer wird mittelst eines Feißelobens oder eines sogenannten Herzes gehalten und durch den Dorn des Reitstockes vorwärts getrieben, zu welchem Behufe jeder Bohrer hinten angeköhrt wird. Das letztere Verfahren giebt immer genauere und rundere Löcher. Gußeisen wird beinahe immer, Messing meistens

Fig. 58.

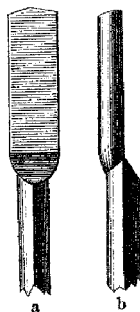


Fig. 59.



Fig. 60.



trocken gebohrt, Schmiedeeisen und Kupfer dagegen unter Befenchung mit Oel. Fleißiges Ausleeren der Bohrspähne fördert immer die Arbeit.

Sollen tiefe Löcher gebohrt werden, so sind die sogenannten Randbohrer allen anderen vorzuziehen. Fig. 58 zeigt einen solchen. Um sie zu verfertigen, wird an einem Stücke Rundstahl ein entsprechend langer Stiel ausgestreckt und dann der übrige Kolben mittelst des Supportfix möglichst genau cylindrisch abgedreht; die Hälfte dieses Cylinders seilt man weg

und giebt ihm eine Schneide, wie die Figur zeigt, deren Spitze nicht in der Mitte ist. Größere Bohrer werden halbcylindrisch geschmiedet und dann erst abgedreht. Solche Bohrer bohren ungemein gerade und rein, können aber beinahe nur auf der Drehbank gebraucht werden und wenn das Bohrstück umläuft. Weil ihre Spitze nicht in der Mitte ist, so muß man ihnen eine Oeffnung vordrehen, wie Fig. 59 zeigt, so daß sie in dieselbe genau passen und die Spitze anfänglich hohl läuft. Dadurch, daß die Spitze seitwärts ist, schneidet sie ebenfalls und braucht sich nicht einzumuthlen. Bei Bohrern der Art, die unter einer Linie breit sind, ist aber diese Vorsicht nicht nöthig, und die ganz kleinen, die man in der Bohrwelle, Fig. 54, brauchen will, werden nur mit der Feile annähernd in die Form eines Kanonenbohrers gebracht.

Ein beinahe unentbehrliches Werkzeug ist noch der Versenkungsbohrer, dessen konischer Kopf mit gegen die Spitze zusammenlaufenden Furchen besetzt wird, wie Fig. 60 zeigt, und der mit seinem viereckigen Zapfen ebenfalls in die Drehbank und die Bohrwinde passen muß.

Andere Werkzeuge als die bereits erwähnten wird man immer leicht zu Stande bringen, wenn man deren bedarf, wie z. B. eine sogenannte Kernspitze, d. h. ein etwa 3 Zoll langes, $\frac{1}{3}$ Zoll dickes Stück Rundstahl, dessen Spitze unter einem Winkel von etwa 60° zuläuft, um damit Löcher, welche gebohrt werden sollen, vorzuzeichnen und abzdrehende Stücke an ihren Enden anzuführen, damit die Spitzen der Drehbank dieselben fassen können. Auch Drehwerkzeuge für Metall sind leicht zu beschaffen. Man läßt sich das erforderliche Stück Gußstahl abschneiden, schmiedet es an einem Ende pyramidenförmig zu, um es in einen hölzernen Griff stecken zu können, und giebt ihm am anderen Ende mit der Feile die gewünschte Form, auch ist hier das Abhämmern im schwach rothwarmen Zustande sehr gut. Drehwerkzeuge für Messing erhalten eine mehr stumpfwinkelige Schneide s, Fig. 61, während solche, welche für Eisen bestimmt sind, eine viel schärfer zulaufende Schneide haben sollen und daher beim Schleifen mehr wie s, Fig. 62, gehalten werden.

Fig. 61.

Fig. 62.



ten eine mehr stumpfwinkelige Schneide s, Fig. 61, während solche, welche für Eisen bestimmt sind, eine viel schärfer zulaufende

Schneide haben sollen und daher beim Schleifen mehr wie s, Fig. 62, gehalten werden.

Das Löthen. Man unterscheidet zwischen weichem und hartem Lothe; zu ersterem zählt man die zum Löthen tauglichen Metalle, welche unter der Rothglühhitze fließen, wie Zinn, das Klempnerloth (Zinn und Blei in nicht immer gleichen Verhältnissen) und das letztere mit Wisnuthzusatz. Zum harten Lothe rechnet man das Silberloth (9- bis 12löthiges Silber mit Messing legirt),

welches man bei den Silberarbeitern in verschiedener Schmelzbarkeit schon in Blech ausgewalzt erhalten kann, dann das Münzsilber (9 Silber auf 1 Kupfer), dann verschiedene leichtflüssige Compositionen aus Zink und Kupfer, sogenanntes Schlagloth, welches man gekümt ebenfalls im Handel bekommt, endlich das Kupfer. Letzteres kann nur für das Löthen des Eisens verwendet werden.

Alle Fugen, welche gelöthet werden sollen, müssen so sorgfältig als möglich aneinander gepaßt und in ihrer Umgebung mittelst des Schabers — einer abgemessenen dreieckigen Feile, an die eine dreikantige Spitze geschliffen ist — metallisch rein gemacht werden; ebenso muß man mit Sorgfalt die Fugen gegen-

Fig. 63.



einander befestigen, was gewöhnlich durch Binden mit gut ausgeglühtem Eisen- draht geschieht oder durch aus stärkerem, hartem Drahte gebogene Klemmen wie Fig. 63.

Wenn an demselben Gegenstande wiederholt so gelöthet werden soll, daß schon gelöthete Stellen mit erhitzt werden müssen, so muß man bei jeder folgenden Löthung leichtflüssigeres Loth anwenden und also von vornherein darauf Rücksicht nehmen.

- 42 Bei dem **Weichlöthen** bedient man sich häufig des Löthkolbens, eines Werkzeuges, das vorzugsweise der Klempner braucht. Für die hier vorliegenden Zwecke genügt es, einen meißelförmigen Kolben zu haben; man braucht ihn bei Gegenständen aus Weißblech oder bei solchen aus anderem Blech, die man ihrer Größe wegen nicht ganz erhitzen will; auch bei dem Löthen von Wismuth u. dgl. ist er sehr zweckmäßig, weil man damit so locale Erwärmung zu Stande bringen kann, daß man Drähte selbst an Stanniol anzulöthen vermag. Vor dem Gebrauche muß der Kolben verzinnt sein, was sehr leicht dadurch geschieht, daß man ihn mit dem sogleich zu erwähnenden Löthwasser bestreicht, dann erhitzt, bis angehaltenes Zinn schmilzt und ihn endlich mit etwas Fließpapier reibt. Dieses Verzinnen ist namentlich dann nöthig, wenn er in Folge von Auflösung durch das Zinn seine Form verloren hat, also nachgefeilt werden muß. Beim Gebrauche wird der Kolben soweit erhitzt, daß Zinnloth leicht daran schmilzt, dann wird er mit einem Lappen oder Fließpapier abgewischt, und hierauf wird mit demselben ein Tropfen Loth aufgenommen und die vorher mit Kolophonium bestrichene Fuge damit bestrichen. Bei größeren Fugen hält man ein Stängelchen Loth neben die Fuge, um leichter mehr Loth darauf zu bringen.

Viel häufiger als das Löthen mit dem Kolben, welches immer nur bei dünnen Körpern durchwirkt, kommt das Löthen durch Erhitzen des ganzen Stückes vor und dieses ist ungemein leicht auszuführen. Man bestreicht nämlich die Fugen mit Löthwasser, erwärmt sie über der Weingeist- oder Gaslampe so lange,

bis ein v
sich nun
gehöriger
tropfen
und dem
sich zeigen
dation n
Al
welches
nötig
in einer
als nöth
den Geg
B
sobald e
oder Ru
etwas f
man da
gen —
nimmt n
ben ist.

Z
Silberl
den —
hiervon
Breite
zu löth
halten
gen wo
oder d
L
streicht
auf die
stückch
Der C
aufblä
verspä
nen G
zu erf

bis ein von Zeit zu Zeit daran gehaltenes Stückchen Loth fließt. Dieses zieht sich nun rasch in die Fuge hinein und fließt leicht durch dieselbe hindurch. Bei gehöriger Vorsicht hat man beinahe nichts zu verpußen. Sollten sich aber Lothtropfen äußerlich ansetzen, so werden sie nach dem Erkalten mit der Raspel und dem Schaber sauber entfernt. Jedenfalls müssen Reste des Löthwassers mit feuchten Lappen oder Fließpapier sorgfältig entfernt werden, weil sonst eine Oxidation nachfolgt, welche an dünnen Stücken schädlich werden kann.

Als Löthwasser dient eine Salmiakauflösung oder besser Chlorzinkammonium, welches man auf folgende Weise erhält: 32 Theile Zink werden in soviel als nöthig Salzsäure gelöst und dann 22 Theile Salmiak zugefetzt und das Ganze in einer Porcellanschale trocken gedampft; man löst das Salz in soviel Wasser als nöthig und filtrirt. Bei diesem Löthwasser ist es kaum nöthig, die zu löthenden Gegenstände vorher zu reinigen.

Beim Zusammenlöthen von Messing und Kupfer fließt weiches Loth durch, sobald es schmilzt, und man sieht schon an der Farbenänderung des Messings oder Kupfers, wenn diese Hitze erreicht ist; bei Eisen aber muß man meist noch etwas stärker erhitzen, ehe das Loth an dem Eisen gehörig adhärirt. Wenn man darum Gegenstände zu löthen hat, die keine stärkere Erhitzung mehr ertragen — weil sie vielleicht an anderen Stellen schon gelöthet sind —, so verzünnt man das Eisen vorher für sich, wie oben für den Löthkolben angegeben ist.

Bei dem **Hartlöthen** nimmt man für kleine Gegenstände am besten 43 Silberloth vom Goldschmiede oder Münzsilber. Letzteres — ein halber Gulden — wird unter wiederholtem Ausglühen zu dünnem Bleche ausgeklopft, und hiervon schneidet man dann Stückchen von ungefähr $\frac{1}{2}$ bis 1 Millimeter Breite und 5 Millimeter Länge herunter, wenn auch ein großer Gegenstand zu löthen wäre. Der Kostenpunkt ist unbedeutend; man reicht weit mit einem halben Gulden, und mit Silber gelöthete Gegenstände können geklopft und gebogen werden, ohne daß die Löthstelle aufspringt, was bei Messingschlagloth nicht, oder doch wenigstens nicht immer der Fall ist.

Wenn die Fugen gut zusammengepaßt, gereinigt und gebunden sind, bestreicht man sie mit Wasser, streut etwas Borax darauf, legt die Lothstückchen auf die Fuge und bestreut auch sie noch mit Borax, oder man mischt die Lothstückchen in einen Brei aus Borax und wenig Wasser und trägt sie so auf. Der Gegenstand wird nun langsam erwärmt, bis der Borax sich nicht mehr ausbläht, wobei man Sorge trägt, daß das Loth an seiner Stelle bleibt; Silberspanchen steckt man zu dem Ende wohl auch unter den Binddraht. Bei kleinen Gegenständen hat es aber oft eigene Schwierigkeiten, das Loth an seiner Stelle zu erhalten, wenn man gewöhnlichen Borax anwendet; in solchen Fällen nimmt

man dann Boraxpulver, dem man durch vorheriges Erhitzen sein Krystallwasser genommen hat, und wendet natürlich nun kein Wasser an, oder Streuborax, welcher aus 4 Thln. Pottasche, 3 Thln. Kochsalz und 2 Thln. Borax zusammen-geschmolzen ist.

Nach der Größe der Gegenstände richtet man nun entweder die Flamme der Weingeistlampe mittelst des Löthrohrs gerade auf dieselben, oder bringt die Gegenstände auf eine

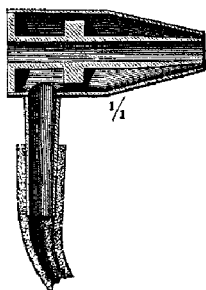


Fig. 64.

buchene Kohle gegen den Rand hin, umgibt sie noch mit passenden Kohlenstücken von drei Seiten und deckt eine größere Kohle darauf, wonach man wieder das Löthrohr anwendet, bis das Loth auf der Löthstelle zerfließt, worauf man die umgebenden Kohlen entfernt und den Gegenstand — wenn nicht Eisen dabei ist — sofort in Wasser ablöscht. Auf eine sichere Lage des zu löthenden Gegenstandes zwischen den Kohlen muß man besonders Bedacht nehmen, sowie darauf, daß man die Löth-

stelle gut sehe, auch muß man sich darauf einüben, durch das Löthrohr ununterbrochen zu blasen und inzwischen durch die Nase zu athmen.

Für solches Löthen ist Leuchtgas von ganz besonderem Vortheile. Man macht dazu einen Brenner, ähnlich dem für das Gasgebläse angegebenen, nur kleiner, wie ihn Fig. 64 und 65 in natürlicher Größe darstellen. Die Oeffnung für das Gas darf nur ein haarfeiner Schnitt sein und der Brenner wird mittelst eines Schlauches aus vulcanisirtem Rantschuk mit irgend einer anderen Brennöffnung verbunden. Das Löthrohr steckt man, wie Fig. 64 zeigt, in das innere Rohr; es muß darin feststecken und bis zur Brennöffnung reichen. Man erhält so eine Hitze, bei der man an Kupferdraht von 1 bis 1½ Millimeter Dicke ohne Beihülfe von Kohlen einen Knopf aufschmelzen kann, während man das Feuer bis auf die feinste

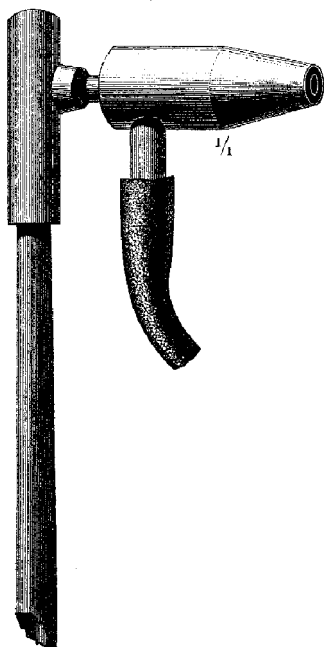


Fig. 65.

blaue S
dem kam
in jeder
Bei größ
wird nun
besonder
W
den zu l
oder ein
Lage der
Gebläse
beim Re
Febernse
man ma
sichtig se
Hitze ste
und Eis

I
gelegent
also sch
alten R
Hier
eignet i
durchan
man S
Streifen
Hamme
Glas
24 S

blaue Spitze mäßigen und auf die kleinsten Stellen Feuer geben kann. Außer dem kann man den Gegenstand auf der Werkbank beliebig legen und das Feuer in jeder beliebigen Richtung dagegen bringen und allmählig darum herumführen. Bei größeren Gegenständen kann man die Glasblaseflamme anwenden, und man wird nur selten noch in den Fall kommen, die Esse zu Hülfe nehmen zu müssen, besonders wenn man zwischen Kohlen löthet.

Wenn indessen die Umstände ein größeres Feuer verlangen, so bringt man den zu löthenden Gegenstand zwischen wohl angefeuerte Holzkohlen in die Esse oder ein gut ziehendes Kohlenbecken. Man muß hier besonders für eine sichere Lage der Gegenstände sorgen, damit die Löthstelle stets sichtbar bleibe. Das Gebläse der Esse darf dabei nur schwach gebraucht werden und man muß, wie beim Kohlenbecken, mittelst eines Stückes Pappe oder Blech oder mittelst des Federfächers die Kohlen gehörig ansachen. Bei größeren Gegenständen wendet man meist Schlagloth an, und man muß darum beim Löthen von Messing vorsichtig sein, damit dieses nicht durch schlecht geleitete oder überhaupt zu große Hitze stellenweise selbst in Fluß gerathe — verbrenne. Beim Löthen von Kupfer und Eisen hat man dieses viel weniger zu fürchten.

Viertes Capitel.

Verschiedene andere Arbeiten.

Leimen. Von der Behandlung des gewöhnlichen Leimes mag hier nur 44 gelegentlich erwähnt werden, daß derselbe nur auf frischer Fläche haftet, daß man also schon einmal geleimte Stücke nicht wieder leimen kann, ohne vorher den alten Leim zu entfernen.

Hier kommt vorzüglich der Hausenblasenleim in Betracht, weil er sehr geeignet ist, Glas zusammen zu leimen, und überall empfohlen werden kann, wo man durchaus einen stark bindenden Leim haben muß. Um ihn zu bereiten, nimmt man Hausenblase — am besten in Blättern — und schneidet sie in schmale Streifen von 1 Linie Breite. Hausenblase in Ringen muß vorher mit einem Hammer in Fasern zerstoßt werden. Auf 4 bis 8 Theile Hausenblase — auf Glas immer 8 Theile — nimmt man 100 Theile Wasser, weicht die Blase 24 Stunden lang darin, zerquetscht die Streifen dann in einer Reibschale

und kocht dann bei mäßigem Erhitzen längere Zeit — $\frac{1}{2}$ Stunde lang — unter Erzeugung des verdampften Wassers. Der Leim wird heiß filtrirt. Wenn mehr bereitet als gebraucht wurde, so legt man die gesulzte Masse zum Trocknen auf Papier; solcher Leim wird bei späterem Gebrauche zerstoßen und in der erforderlichen Menge Wassers langsam aufgekocht.

Da man bei Anfertigung von physikalischen Wandtafeln öfter in den Fall kommt, auf Maschinenpapier tuschen und malen zu müssen, und dieses beinahe immer wasserfleckig ist, so mag hier erwähnt werden, daß dem Uebelstande abgeholfen wird, wenn man das Papier nach dem Ausziehen mit der Reißfeder mit dünnem Leimwasser bestreicht, dem etwas Mann zugesetzt wurde. Hausenblasenleim wird hiezu stark genug bei 2 Proc. Hausenblase, von sogenannter Gelatine — einem wasserhellen, in dünnen Tafeln vorkommenden Leime — bedarf man dagegen 3 Proc., doch ist es zweckmäßiger, ebenfalls nur 2 Proc. zu nehmen, aber zweimal aufzutragen; ist nämlich der Leim zu stark, so kann es vorkommen, daß das Papier an dünnen Stellen sich anleimt und sich also nicht mehr glatt zieht. Mann wird auch hier zugesetzt. Der Leim wird entweder mittelst eines Pinsels oder eines Schwämmchens auf das aufgespannte Papier aufgetragen, welches nach dem Trocknen keinen Leimglanz zeigen darf.

- 45 **Kitten.** Bei den hier zu besprechenden Arbeiten kommt nur das Kitten mittelst Siegelack oder Schellack häufig vor. Ersteres ist vorzuziehen, wenn die Farbe nicht hindert, weil es durch die Zusätze etwas weniger spröde ist als reines Schellack. In jedem Falle müssen die Gegenstände so weit erwärmt werden, daß der Kitt darauf zerfließt. Wo man aus anderen Gründen die Erwärmung nicht soweit treiben mag, bis das Siegelack auf den zu kittenden Gegenständen fließt, erwärmt man nur gelinde und trägt eine etwas dicke Schichte von Siegelacklösung auf, die man dann noch durch brennendes Siegelack bis zur erforderlichen Dicke bringen kann. Man gewinnt auch so eine gute Haltbarkeit. Wenn beide Theile hinreichend mit Kitt überzogen sind, so läßt man sie erkalten und erwärmt sie beim wirklichen Zusammensetzen nur so weit, daß der Kitt gehörig weich wird, um sich anzunehmen. Bringt man sie nämlich heiß zusammen, so kann in Folge der ungleichen Contraction an dem einen oder anderen Theile ein Sprung entstehen. Diese Vorsicht ist zwar nicht immer nöthig, darf aber namentlich dann nicht außer Acht gelassen werden, wenn Gläseröhren in gut passende metallene Hülsen gefittet werden. Daß die gefitteten Theile so lange in der erforderlichen Stellung gegen einander gehalten werden müssen, bis der Kitt erkaltet ist, versteht sich wohl von selbst; man kann übrigens ohne Eintrag für die Festigkeit dieses Erkaltens durch Wasser beschleunigen. Aller überflüssige Kitt wird später mittelst des Messers weggenommen. Wo die Verhältnisse es erlauben, muß man übrigens die zu kittenden Gegenstände so

nicht aneinander drücken als möglich; die Arbeit hält um so besser, je weniger Kitt zwischen der Fuge ist.

Für die Vereinigung von Glas auf Glas oder Glas auf Metall giebt auch Wasserglas ein sehr gutes Bindemittel; man braucht hierbei auch keine Erwärmung.

Besser kommt man in den Fall, metallene Gegenstände auf Holzfutter aufzukitten, weil sie sonst auf keine Weise auf die Drehbank gebracht werden können. Man nimmt hierzu ganz ordinäres Packsiegellack; das Verfahren ist im Allgemeinen dasselbe, welches bereits angegeben wurde, nur wird das Holzfutter nicht vorher erwärmt, sondern man trägt das Siegellack brennend auf. Das Centriren geschieht leicht, so lange das Siegellack noch warm ist. Indessen ist es doch rathsam, beim Abdrehen vorsichtig zu sein, damit keine Erwärmung stattfinden und man nicht zu wiederholtem Aufkitten veranlaßt werde, da ein ganz genaues Centriren, namentlich auch wegen der ungleich dicken Siegellackschicht doch immer zeitraubend ist.

Soll Tuch auf Metall geleimt werden, so tränkt man dasselbe mit verdünntem Galläpfelansatz, drückt es aus und drückt es noch feucht auf das erwärmte mit Leim bestrichene Metall.

Man kommt endlich auch in den Fall, an Dampfmaschinen, Gasapparaten u. dgl. Fugen, welche durch Schrauben zusammengehalten werden, dampfdicht machen zu müssen. Hierzu ist der Mennigkitt der Maschinenbauer am geeignetsten. Man erhält ihn durch tüchtiges Verarbeiten — mittelst des Hammers — von Mennig und Bleiglätte mit Leinöl, bis man einen zarten und bildsamen Teig erhält, der unter Wasser aufbewahrt wird. Da aber die Bereitung mühsam ist und man immer nur wenig braucht, so wird man dieses Wenige leicht in einer Maschinenwerkstätte erhalten, oder in Ermangelung dessen Glaserkitt anwenden, welcher ganz dieselben Dienste thut, wenn der Glaser nicht zu viel Kreide statt Bleiweiß genommen hat. Werden die Theile nicht gerade sehr heiß, so thut auch ein Kitt aus geschmolzenem Kautschuk und Mennige oder Bleiweiß vortreffliche Dienste; Gegenstände, welche gar nicht heiß werden, können durch Platten von vulcanisirtem Kautschuk, welcher mit Baumwolle zusammen geknetet wurde, vereinigt werden.

Das Firnissen. Bei Herstellung physikalischer Apparate ist theils 46 für deren Erhaltung, theils für deren Schönheit öfters das Firnissen von Metall, Holz und Papier mittelst Weingeistfirniß nothwendig, in welchem Schellack der Hauptbestandtheil ist. Indessen muß man auch nicht Alles firnissen wollen, namentlich nicht solche Theile, welche oft und kräftig in die Hand genommen werden müssen. An diesen reibt sich der Firniß bald durch und die Apparate

sehen dann weniger gut aus, als wenn sie nicht gefirnißt wären und sonst rein gehalten würden.

Die Vereitung des Firnisses. Man nimmt im Allgemeinen auf 1 Theil grobzerstoßenes Harz 4 Theile vom stärksten Weingeist (85 bis 95 procentigen) und läßt sie in verstopften Gefäßen in gelinder Wärme, unter öfterem Umrütteln so lange stehen, bis die Auflösung geschehen ist, wozu etwa 24 Stunden erforderlich sind. Das angewendete Harz ist, wie schon erwähnt, Schellack, dem man $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{10}$ Mastix zusetzt, um dem Firniß seine Sprödigkeit zu nehmen. Dieser Zusatz ist bei gebleichtem Schellack nöthiger als bei ungebleichtem. Körnerlack bedarf nicht nur keines Zusatzes, sondern giebt auch einen schön goldgelb färbenden Firniß; für Körnerlack muß man aber sehr starken 95 procentigen Weingeist anwenden. Wenn nimmt man etwas mehr Harz, als oben angegeben, um den Firniß möglichst concentrirt zu erhalten. Soll der Firniß filtrirt werden, was für die meisten Zwecke erforderlich ist, so läßt man ihn nach der Auflösung in gelinder Wärme einige Zeit ruhig stehen, bis sich die unangefassten Harze und die schleimigen Theile des Schellacks gesetzt haben, worauf man die klare Flüssigkeit so weit als thunlich abgießt und nur den Rest filtrirt. Das Filtriren geschieht durch einfaches Fliesspapier bei gelinder Wärme, wobei man den Trichter mit einer Glascheibe bedeckt, da es immer nur langsam geht, weil die schleimigen Theile das Filter verstopfen. Der Firniß wird in Gläsern mit weiter Mündung aufbewahrt, oder man gießt beim Gebrauch so viel als man nöthig hat in eine flache Schale. Bei Gläsern mit weiter Mündung kann man durch den Korkstöpsel den Pinselstiel stecken und so den Pinsel immer weich erhalten. Thut man dieses nicht, so muß der Pinsel nach jedesmaligem Gebrauche in Weingeist ausgewaschen werden, welchen Weingeist man für künftige Auflösungen sammelt.

Zum Auftragen des Firnisses nimmt man einen breiten Haarpinsel oder noch besser ein feines Schwämmchen, das in ein Blech eingeklemmt wird, wie die Pinselhaare; es wird vorn eben geschnitten und steht nur einige Linien über das Blech hervor.

Man hat für manche Zwecke gefärbten Schellackfirniß nöthig, namentlich etwas röthlichen, sogenannten Goldfirniß. Man kann zwar die färbenden Harze gleich mit dem Schellack auflösen, und für diesen Fall geben $\frac{1}{2}$ bis 1 Drachmenblut, 4 Gummigutt und 8 gebleichtes Schellack einen stark goldgelben Firniß auf Weßing; allein da man doch gewöhnlich nicht gern zu vielerlei Firnißgläsern herumschleichen haben will, so löst man am besten die Farbhharze für sich auf, filtrirt sie und setzt dann nach dem jedesmaligen Bedürfniß den Farbenton zusammen. Zu den Zwecken, um die es sich hier handelt, bedarf man jedoch nur einer Auflösung von Gummigutt und einer von Drachmenblut.

Soll Firniß aus Siegelack bereitet werden, so hat man nur Siegel-

lack im U
hörig auf
Siegelack
etwas sta
wenn man
saure Ma
trägt bess

Ed
hier aber
mit der C
zen Anstr
eine Pösu
röhren, u

Bei
Abdrehen
Bimsstei
daß alle
allein m
Seifenw
meisten
Bimsstei
firnissen
Alle M
weniger
erwärmt
70° —

des Pin
auf dem
genau p
auch au
den Dr
überall
erfaltet
firniß r
tragen;
Glanz,
anderen
stand n

folche

lack im Ueberschuß in den Weingeist zu thun und jedesmal beim Gebrauche gehörig aufzurütteln. Schlechtes Siegellack giebt aber schlechten Firniß und gutes Siegellack ist theuer. Man kommt hier wohlfeiler weg, wenn man zu einer etwas stark mit Mastix versetzten Schellacklösung direct Zinnober zusetzt, als wenn man Siegellack kauft. Es ist zweckmäßig, außer Zinnober noch kohlen-saure Magnesia zuzusetzen, sie beeinträchtigt die Farbe nicht sehr, und der Firniß trägt besser auf.

Schwarzen Firniß braucht man mitunter wohl auch; man kann sich hier aber leicht helfen, indem man feinsten Kienruß oder Frankfurter Schwarz mit der Schellacklösung recht innig vermischt. Wenn es sich nur um einen schwarzen Anstrich handelt, besonders für Gegenstände, welche heiß werden, so dient eine Lösung von 1 Asphalt in 3 Terpentinöl. Die Blechner lackiren damit Ofenröhren, nur setzen sie noch Leinöl und Wernicke zu.

Bei dem Firnissen der Metalle muß man entweder sogleich nach dem Abdrehen oder Abfeilen den Firniß auftragen, oder man schleift zuerst mit Bimsstein und Wasser und dann mit Smirgel und Del, und trägt dabei Sorge, daß alle Striche schön parallel werden; man erhält so allerdings schönere Arbeit, allein man muß nach dem Schleifen die Gegenstände sorgfältig mittelst warmen Seifenwassers reinigen und mit reinen leinenen Tüchern abtrocknen. Für die meisten Fälle wird die Arbeit schön genug ausfallen, wenn man mit gepulvertem Bimsstein und Wasser mittelst Filz schleift. In keinem Falle dürfen die zu firnissenden Gegenstände vor dem Firnissen mit bloßen Händen berührt werden. Alle Metalle werden, und am besten über Kohlenfeuer oder auf heißen Blechen, weniger gut über der Gasflamme und noch weniger über Weingeist, so weit erwärmt, daß sie kaum noch mit der Hand berührt werden können — 60 bis 70° —, worauf man den Firniß aufträgt. Man taucht dazu nur die Haare des Pinsels ein und führt mit demselben Striche genau parallel mit dem Strich auf dem Metalle; wenn mehrere Pinselstriche nöthig sind, so setzt man dieselben genau parallel neben einander; ist der Strich auf der Drehbank gemacht, so muß auch auf der Drehbank gefirnißt werden. Bei größeren Gegenständen muß man den Druck auf den Pinsel bei jedem Striche zuletzt etwas verstärken, um einen überall gleichen Ueberzug zu erhalten. Erst wenn der Gegenstand vollkommen erkaltet ist, darf er mit der Hand berührt werden. Man kann den Schellackfirniß wohl auch kalt und in mehreren Schichten über einander auf Metall auftragen; allein der Firniß bekommt so weder die gleiche Härte noch den gleichen Glanz, und es geschieht daher nur, wo man, wie bei elektrischen Apparaten, zu anderen Zwecken entweder eine dicke Firnißschicht erzeugen will, oder den Gegenstand nicht mehr erwärmen kann.

Dem Messing giebt man jetzt öfter eine schwarze Beize; man erhält eine solche durch Auflösen von 1 Theil Silber und $\frac{1}{4}$ Kupfer in Salpetersäure;

die Lösung wird mit destillirtem Wasser soweit verdünnt, daß sie auf Messing nicht mehr aufbraust. Man trägt dieselbe ein oder mehrere Male sehr dünn und gleichmäßig mit einem feinen Pinsel auf, doch muß jeder Anstrich in der Sonne oder am Ofen rasch getrocknet werden; zuletzt reibt man die Gegenstände mit Del ein, oder firnißt dieselben mit Schellack.

Beim Auftragen stark gefärbter Firnisse erwärmt man das Metall immer nur wenig, weil es sonst nicht gelingt, einen gleichen Farbenton zu erzielen, selbst ganz kalt aufgetragen nimmt der Firniß aus Gutta und Drachenblut schönen Glanz an.

Uebrigens erhält man auch einen dunkeln Firniß durch nachträgliches starkes Erhitzen; das Schellack wird dabei härter und ist durch Weingeist kaum mehr zu entfernen.

Siegellacklösung wird immer kalt und so dick aufgetragen, daß die überzogene Substanz ganz bedeckt ist, was man aber mehr durch öfteres als zu reichliches Auftragen erreichen muß. Siegelacklösung ist schon durch die Mischung des Siegelacks oder durch den Mastixzusatz etwas zäh, und muß so fein, wenn man dick auftragen will; man erhält aber einen glänzenden und äußerlich harten Ueberzug, wenn man zuletzt noch einen oder zwei Anstriche mit reiner Schellacklösung macht.

Auf Eisen kann man mit Vortheil nur gebleichtes Schellack anwenden, doch wird Eisen selten gefirnißt; auf Messing und Kupfer kann man auch ungebleichtes Schellack oder besser Körnerlack nehmen, es giebt namentlich dem Messing eine dunklere Farbe; auf weiße Metalle — Bleigewichte z. B. — nimmt man gebleichtes Schellack, es sei denn, man wolle ihnen Goldfarbe geben, wo man dann zu gebleichtem Schellack Farbhärze zusetzen kann.

Zum Firnissen des Holzes wird ebenfalls Schellackfirniß gebraucht, er muß jedoch in dünnen Schichten öfter aufgetragen werden. Handelt es sich dabei nicht etwa um besondere Eleganz, sondern vielleicht nur um Schutz gegen Feuchtigkeit oder um bessere Isolirung, so kann man mit Vortheil unfiltrirten Schellackfirniß verwenden. Daß immer erst ein folgender Anstrich gegeben wird, wenn der vorige trocken ist, braucht wohl nicht weiter erwähnt zu werden. Gut ist es, namentlich behufs der Ersparniß von Firniß und gleicherer Färbung, wenn das Holz vorher mit Leinwasser bestrichen wird. Soll übrigens der Firniß schön werden, so muß das Holz nach dem Leimen oder nach dem ersten Firnissen und im recht trockenen Zustande noch einmal mit Schafttheu überarbeitet werden. Die nächsten Schichten dürfen dann nur dünn und in der Wärme oder im Sonnenscheine aufgetragen werden, besonders bei weichem Holze, weil sonst das Holz stellenweise wieder aufquillt. Ueberhaupt muß man durch schön parallel geführte Striche jede stellenweise Anhäufung des Firnisses verhüten, bis derselbe

so weit zähe geworden ist, daß er nicht mehr zusammenläuft. Schön wird der Firniß auf Holz nur in wohl geheizten Zimmern oder im Sonnenscheine.

Soll Leder gefirnißt werden, so muß dem Schellackfirniß immer etwas venetianischer Terpentin zugesetzt werden, weil er sonst zu spröde wird, — für schwarz nimmt man als Farbe nur Kleinruß.

Wenn die Firnißschichte dick aufgetragen wurde, so kann man sie mit geschlämmtem Trippel und Filz schleifen und dann mit einem leinenen Lappen und Del poliren. Das überflüssige Fett wird durch aufgestreutes Mehl mittelst eines leinenen Lappens wieder entfernt.

Gegenständen aus weißem Holz kann man mittelst des erwähnten Asphaltfirnisses, wenn man ihn sehr verdünnt, einen nußbraunen und durch Zusatz von etwas Drachenblut einen mahagonirothen Anstrich geben. Das Beizen mit Salpetersäure taugt nicht für physikalische Zwecke.

Bei dem Firnissen von Papier verfährt man wie bei Holz; da aber der Firniß das Papier durchdringt und dasselbe färbt, so muß man, wenn dieses nicht stattfinden und z. B. weißes Papier weiß bleiben soll, dem Papier vorher einen Anstrich mit klarem starkem Stärkekleister geben oder es auch mit Hausenblasenleim überziehen und erst nach vollständigem Abtrocknen dieses Ueberzuges den Schellackfirniß auftragen*).

Glas wird warm gefirnißt, wenn man nur einen einmaligen durchsichtigen Ueberzug machen will; will man dasselbe aber dick mit Firniß überziehen, so geschieht dieses kalt.

Kork. Korkstöpsel braucht man ziemlich oft, namentlich um mittelst derselben 47
selben Glasröhren in eine weitere Oeffnung zu befestigen, zu welchem Zwecke die Stöpsel durchbohrt werden müssen; meistens soll zugleich ein luftdichter Verschuß bewirkt werden. Um letzteres zu erreichen, muß man reine gute Stöpsel haben, die im Detailverkaufe beinahe gar nicht zu erhalten sind, da in denselben nur Ausschuß gelangt, indem alle guten Pfropfe an die Fabrikanten von Schaumwein und künstlichem Mineralwasser, aber vorzüglich an die ersteren verkauft werden. Wenn man daher Gelegenheit hat, von einem solchen Fabrikanten aus Gefälligkeit einen Pack Korkstöpsel erhalten zu können, so muß man es nicht versäumen; wenn sie schon theuer sind, so sind sie doch alle sicher gut.

Oft kommt man in den Fall, einen Kork in eine Oeffnung einzupassen oder sonst in eine beliebige Form bringen zu müssen. Schneiden kann man zwar den Kork mit einem guten Messer leicht, wenn man das letztere mehr zie-

*) Der Firniß der Buchbinder für Landkarten u. s. w. ist jedoch ein Terpentinölfirniß und besteht aus Mastix mit $\frac{1}{12}$ bis $\frac{1}{20}$ Terpentin und Kampfer in Terpentinol gelöst, da der obige Firniß zu spröde wäre.

hend als drückend handhabt; meistens wird man aber doch noch zur Raspel und zuletzt zur Feile greifen müssen.

Um den Kork zu durchlöchern, kann man sich eines Löffelbohrers und darauf einer runden Holzraspel bedienen; allein dieses Verfahren ist umständlich und giebt doch keine ganz gut schließenden Löcher. Besser und schneller gelangt man durch den

Korkbohrer zum Ziele. Um sich einen solchen zu verschaffen, läßt man Röhrchen aus verzinnem Eisenblech von etwa 1 bis 4 Linien Weite und 3 Zoll Länge scharf zusammenlöthen und auf der einen Seite durch eine etwas weitere Röhre senkrecht hindurchstecken, Fig. 66. Die Weite der Röhrchen wird so genommen, daß immer das nächst engere gerade in das vorhergehende gesteckt werden kann, so daß sie zusammen ein Nest von etwa 8 Stück bilden, wie es Fig. 67 für drei derselben zeigt. Der untere Rand der Röhrchen wird mit der Schlachtfeile scharf gemacht. Soll nun ein Kork mit einem Loch versehen werden, so wählt man das passende Röhrchen aus, setzt den Kork auf den Tisch und

Fig. 66.

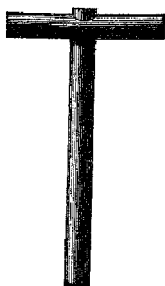
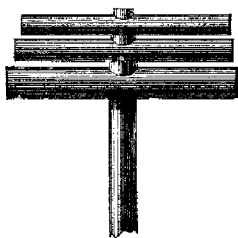


Fig. 67.



drückt das Röhrchen, nachdem man es vorher mit einem Tropfen Del befeuchtet hat, drehend in denselben; das losgebohrte Stück schiebt sich dabei in das Röhrchen. Ist dieses eng und der Kork etwas lang, so schiebt sich das losgebohrte Stück zuletzt nur schwer in dem Röhrchen weiter, und man drückt

den Kork nur zusammen, wodurch das Loch unrein wird. Es ist in einem solchen Falle besser, den Bohrer, nachdem er ein Stück losgebohrt hat, herauszuziehen und das losgebohrte Stück mit dem nächst kleineren Röhrchen herauszuziehen. Für das kleinste hat man einen dazu passenden Draht vorrätzig.

Man bekommt solche Korkbohrer aus gezogenen Messingröhren zu kaufen; diese sind freilich schöner rund und glatt, und bohren darum auch reiner, sind aber auch bedeutend theurer und sehr bald stumpf. Will man aber recht reine Löcher in Kork haben, besonders wenn derselbe Stöpsel mehrfach durchbohrt werden muß, so bohrt man sie zuerst kleiner, als sie eigentlich werden sollen, und erweitert sie mit einer runden feinen Raspel, deren man zu diesem Zweck mehrere haben muß, welche man nur hiezu verwendet; darum bewahrt man sie mit den neuen und schon gebrauchten Korken in demselben Behälter auf.

Die
lagen geb
auch aus
Korkstöpsel
später Be

Ka
machen z
verbinden
vulcanis
braucht,
bei weiter
schuf vor
etwa mit
kommt,
über eine
Nacht ein
aber nicht
men und
Bedarf
blatt dar
Fuge wi
verbinden
Solche
werden.
daß man
zu verbi
selbst zu

Dünne Korfscheiben können auch anstatt der Lederscheiben als Zwischlagen gebraucht werden, um einen luftdichten Schluß zu vermitteln. Man kann auch aus umgestülzten Trichtern und Gläsern mit breiter Standfläche mittelst Korfsköpfeln und Glasröhren Stativ zu allerlei Zwecken zusammensetzen, wovon später Beispiele vorkommen werden.

Kautschuk. Ofter kommt man in den Fall, Röhren aus Kautschuk 48 machen zu müssen, um Glasröhren oder andere Dinge luftdicht mit einander zu verbinden. Enge Röhren macht man jetzt wohl keine mehr, da man solche aus vulcanisirtem Kautschuk überall bekommen kann, die man nur anzustreifen braucht, um sogleich luftdichten Verschluß zu erhalten. Dagegen könnte dieses bei weiteren Röhren, die man doch nicht gerade immer von vulcanisirtem Kautschuk vorrätig hat, eher der Fall sein. Man schneidet zu dem Zwecke von einer etwa millimeterdicken Kautschukplatte, wie man sie im Handel jetzt überall bekommt, ein entsprechendes Stück herunter, fügt die frisch geschnittenen Ränder über einem passenden Cylinder nur gerade stumpf aneinander und streicht die Naht ein paar Male mit dem Nagel, nachdem man sie etwas erwärmt hat, was aber nicht einmal immer nothwendig ist. Die Röhre wird nun heruntergenommen und die Fuge durch eine Art Walken zwischen den Fingern besser vereinigt. Bedarf man einer etwas stärkeren Röhre, so legt man ein zweites Kautschukblatt darunt, so daß die Nähte einander gegenüberstehen, und behandelt diese Fuge wie die erste, wobei sich gewöhnlich beide Platten fest genug mit einander verbinden, besonders wenn man sie während des Walkens etwas erwärmt. Solche Röhren müssen aber auf die zu vereinigenden Glasröhren festgebunden werden. Uebrigens kann man zwei Röhren u. dgl. auch geradezu so vereinigen, daß man einen etwa zollbreiten etwas erwärmten Kautschukstreifen nur um die zu verbindenden Röhren wickelt und mit Bindfaden befestigt; er legt sich von selbst zu einer Röhre auf einander.

Zweiter Theil.

Anleitung zu einzelnen physikalischen Versuchen.

Erstes Capitel.

Versuche über das Gleichgewicht der Kräfte.

A. Feste Körper.

- 49 **Allgemeine Bemerkungen.** Vor Allem muß man für den gegenwärtigen Theil der Versuche eine Anzahl Gewichte mit Haken von beliebiger, doch nicht zu kleiner Einheit haben, damit man im Staude sei, jedes Gewicht von 1 bis 100 etwa dadurch auszudrücken. Man kann sich solche Gewichte sehr leicht aus Blei verfertigen, indem man Cylinder von Blei in papierenen Röhren gießt und davon entsprechende Stücke abschneidet; kleine messingene Ringe mit eisernen Schrauben erhält man sehr billig im Eisenladen, und die letzte Ausgleichung ist dann mit der Holzraspel und einem Messer leicht zu bewerkstelligen. Will man dieselben sauberer haben, so nimmt man sie mittelst des für Holz bestimmten Dreispigels an die Drehbank, macht sie blank und stirnzt sie. Das Austiren geschieht dann ebenfalls durch Abdrehen, wobei man den Ring mit der Schraube jedesmal mit auf die Wage legt. Wünscht man diese Gewichte von Messing, so dürfte es am zweckmäßigsten sein, sie fertig zu kaufen. Auf sehr einfache Art kann man diesen Zweck auch mittelst Kupfermünzen erreichen. Man läßt sich dazu kleine Büschchen von Blech machen, welche an drei Schnürchen aufgehängt sind, ihr Gewicht selbst wird dann je nach ihrer Größe auf 1 bis 6 solcher Münzen abgeglichen und diese Zahl darauf gestempelt. Um wenige Groschen erhält man die erforderliche Zahl solcher Büschchen sauber aus dünnem Messingblech gearbeitet, und die Abgleichung ihrer Gewichte kann man selbst machen. Die Kupfermünzen aber behalten ja ihren wirklichen Werth, sind für diese Zwecke hinreichend gleich schwer und sehr schnell in der erforderlichen Menge eingezählt.

Uebri
nes Loch u
ten Gewicht
welches bei
wohlfeil zu

Auße
ausgemittel
ihr Gewicht

Die
Bewegung
mal sehr g
den. Es f
den Gesetz
wenn meh

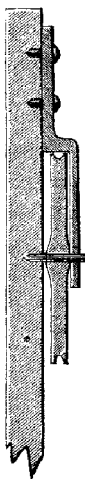
Das
Vorrichtun

Fig. 68.



Fi, Fk, mn, lo sind in gleichen Entfernungen wie *ab* mit Löchern versehen, die von ihren Drehungspunkten aus numerirt sind, und können bei *r, s* durch Nägel mit flachen Köpfen auf einander gesteckt werden; daß diese Nägel rückwärts Schrauben haben, ist nicht nöthig, aber bequem. Außerdem tragen die Schienen *nm, lo* außerhalb sehr leicht bewegliche Rollen, deren Schnurläufe einerseits mit der Löcherreihe zusammen fallen. In diesen und ähnlichen Fällen giebt man den Rollen, die aus Bux sehr gut werden, gegen die Mitte eine kleine Erhabenheit (Fig. 69 zeigt eine solche Rolle im Durchschnitte und in natürlicher Größe) und durchbohrt sie nur in der Stärke einer mittlern Stricknadel;

Fig. 69. aus einer solchen macht man auch die Aye, welche einerseits in das Holz eingeschlagen, andererseits durch einen Nügel aus Messingblech gehalten wird. Festerer muß, ohne ihn zu streifen, so nahe an den Rand der Rolle reichen, daß die Schnur die Rolle nicht verlassen kann.



Beim Gebrauche knüpft man drei feine seidene Schnüre an einen sehr kleinen Messingring, wovon zwei über die Rollen gezogen werden, und bildet aus den fünf Stäben ein beliebiges Parallelogramm mit seiner Diagonale; hängt man sodann an die drei Schnurenden Gewichte, welche den Längen *er, es, eF* entsprechen, so wird Gleichgewicht stattfinden und der Knotenpunkt nach *e* kommen, und auch wieder dahin zurückkehren, wenn man ihn entfernt. Die blechernen Nütschen mit Nützen sind für diesen Versuch besonders bequem. Den Klotz *A* kann man auf einem entsprechenden Fuß befestigen, oder auf den Rand eines Tisches stellen. In letzterem Falle muß er aber beschwert werden oder mit Blei ausgegossen sein.

Nimmt man als Mittelkraft ein anderes als ein der Diagonale entsprechendes Gewicht, so kommt der Knoten nicht nach *e*; man kann aber dann die Hülse so weit verschieben, bis dieses eintritt, und die Länge der Diagonale wird nun wieder dem Gewichte entsprechen.

Man kann auch ohne eine solche Maschine einfach auf irgend eine Weise auf einem Tische zwei Rollen *g, K*, wie in Fig. 70, und beliebige Gewichte *P, Q* an der Schnur anbringen und durch Construction den Winkel suchen, den die drei Kräfte nach dem Gesetze mit einander machen müssen; hält man dann die etwas groß ausgeführte Constructionsfigur *abcd* hinter die Schnüre, so wird der Winkel immer dem gezeichneten entsprechen. Daß man bei solchen Versuchen der unvermeidlichen Reibung wegen kein ganz genaues Resultat erhält, ist natürlich; wenn man aber durch Ziehen an den Gewichten die Grenzen sucht, innerhalb welcher der Versuch schwankt, so werden diese immer gleich-

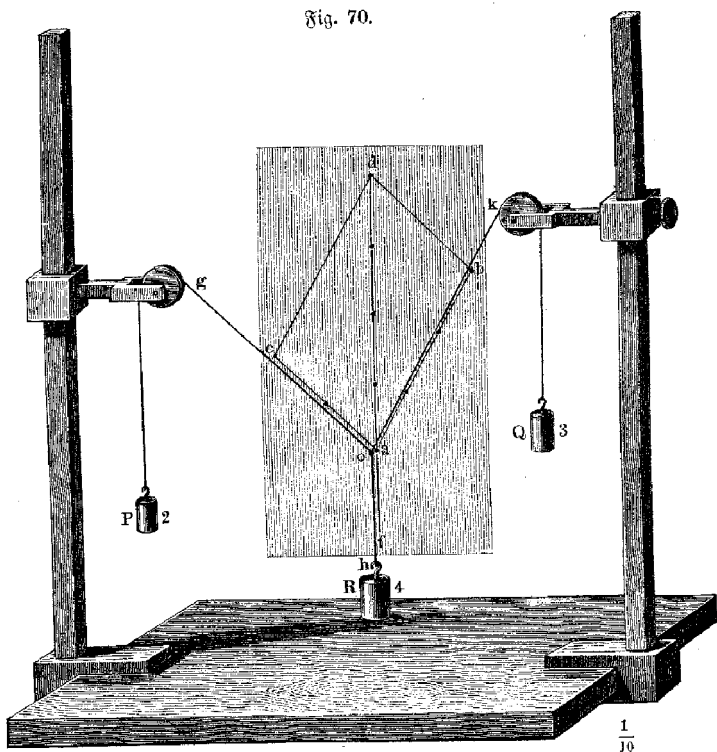
weit auf be-
Gleichgewic



Da-
jogenann-
deten M-
Säule A
der Hebe-
jeder St-
Richtung-
liche Kr-
lich siche-
ten Gew-
kraft D
rechnen,
rid

weit auf beiden Seiten abweichen, jedenfalls wird aber an der bestimmten Stelle Gleichgewicht stattfinden.

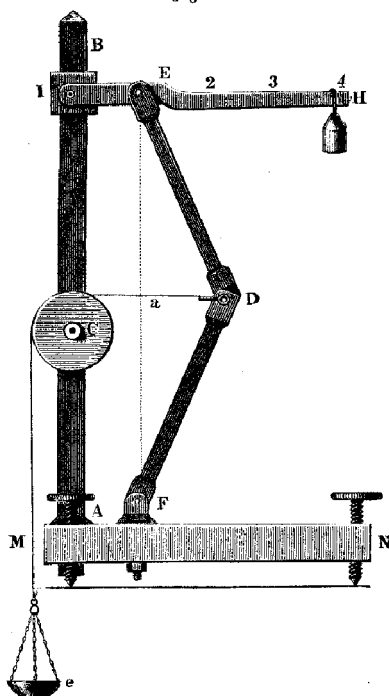
Fig. 70.



Das Knie. Die Anwendung des Parallelogramms der Kräfte bei der sogenannten Kniepresse kann durch den in Fig. 71 und 72 (a. f. S.) abgebildeten Apparat erläutert werden. Auf dem Brettchen *MN* ist die senkrechte Säule *AB* durch eine Schraube befestigt; an ihr können die Rolle *C*, sowie der Hebel *IH* mittelst Hülfsen mit Stellschrauben verschoben werden, so daß bei jeder Stellung des Knies der Hebel sowohl als die Schnur *a* eine horizontale Richtung erhalten. Die Schnur ist mittelst eines Bügels an die bei *D* befindliche Ase angehängt. Sind die Stäbe *ED*, *DP* an ihren Gelenken hinlänglich sicher und leicht beweglich, so kann man aus dem in die Wagschale *e* gelegten Gewichte, sowie aus dem Verhältnisse der Linien *aD* und *DE* die Seitenkraft *DE*, und aus dem Hebelverhältniß das bei *H* erforderliche Gewicht berechnen, da *DE* beim Versuche beinahe senkrecht auf *IH* wirken soll. Eines

der Gelenke muß so gearbeitet sein, daß die Stäbe DE , DF die senkrechte Stellung nicht überschreiten können. Am besten macht man alle Stäbe aus

Fig. 71.



Eisen; die Gelenkenden werden dann etwas stärker gelassen, und das mittlere erhält die Form wie Fig. 73, um das Ueberschreiten der senkrechten Stellung zu verhüten. Löcher und Zapfen, sowie die Gelenkflächen müssen auf einander geschnitten werden, damit der Apparat die gehörige Empfindlichkeit erlange.

(Gewöhnlich werden für die Erläuterung des Parallelogramms der Kräfte auch noch folgende Versuche angeführt, obgleich diese eigentlich in die Lehre von der Bewegung gehören und zum Theile erst bei der Lehre vom Stöße erläutert werden können.

Man kann die zusammengeſetzte Wirkung zweier Kräfte dadurch zeigen, daß man zwei gleich große pen- delartig aufgehängte Eiſenbein-

kugeln gegen eine dritte von derselben Größe stoßen läßt. Soll der Versuch gelingen, so müssen die beiden zum Stöße bestimmten Kugeln mittelst dünner Stäbchen an horizontalen Axen, die an stählernen Spitzen laufen, leicht beweglich aufgehängt sein, so daß sie sich nur längs eines Kreisbogens bewegen können. Diese beiden Kreisbogen sind beweglich unter einander verbunden und können ihre Richtung gegen die mittlere Kugel nur gemeinschaftlich und um gleich viel ändern. An jedem der eingetheilten Kreisbogen ist ein verstellbarer Anhalt für die Kugeln, hinter welchen sie gethan werden. Wenn die mittlere Kugel recht vollkommen ruhig hängt und man rückt plötzlich die beiden Kreisbogen, so fallen beide Kugeln pendelartig herunter, stoßen die mittlere, und diese bewegt sich nach einem anderen getheilten Kreisbogen hin. Waren beide Kugeln gleich hoch gestellt, so muß die mittlere auch gegen die Mitte dieses Bogens gehen. Solche Vorrichtungen fehlen aber selbst bei der genauesten Arbeit beim Versuche

sehr oft un-
schinen wer



gen, wo
auf welche

Zu
kann man
vorstellt.



in den
mitten i
über die
das Ger
die Koll
steigt zu
m n o p
zwei St

sehr oft und können daher eher verwirren als erläutern, was bei statischen Maschinen weniger der Fall ist. Eben so unsicher im Erfolg sind jene Vorrichtungen

Fig. 72.

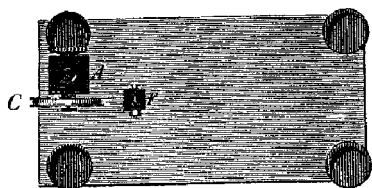
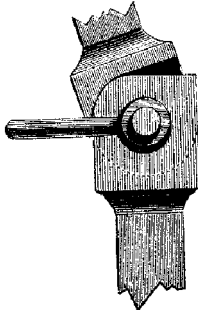


Fig. 73.



gen, wo zwei Kugeln an senkrechten Stäben herabgleiten und auf dem Brette, auf welchem die Stäbe befestigt sind, eine dritte Kugel treffen.

Zusammengesetzte Bewegung durch anhaltend wirkende Kräfte 52 kann man an einem Modelle zeigen, welches das sogenannte Flugwerk in Theatern vorstellt. Ein solches Modell zeigen die Fig. 74 und 75; MN ist ein verticales

Fig. 74.

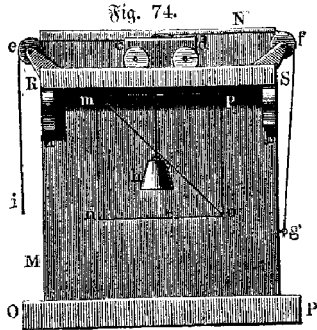
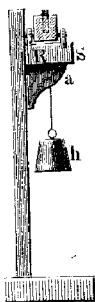


Fig. 75.



Brettchen mit einem Fuße OP ; rechtwinklig zu MN ist das Brettchen RS befestigt und durch zwei Stützen a, b getragen. Dieses Brettchen ist in der Mitte der Länge nach geschnitten und hat parallel mit diesem Schnitte zwei Nuthen. In einem Klötzchen cd sind vier Laufrollen angebracht, welche

in den Nuthen von RS sich bewegen; außer diesen vier Rollen befindet sich mitten im Klötzchen in einem Schlitz eine fünfte, welche oben etwas hervorragt; über diese und die Rolle f ist eine bei g befestigte Schnur geschlungen, welche das Gewicht h trägt. Wird nun mittelst der bei c am Klötzchen befestigten über die Rolle e laufenden Schnur i dieses über das Brettchen RS weggezogen, so steigt zugleich das Gewicht h nach der Diagonale mo des Parallelogramms $mno p$. Man kann sich übrigens zu gleichem Zwecke einfach eines zwischen zwei Stäben befestigten Drahtes bedienen, an welchem man von Hand einen

Ring verschiebt, durch den ein an einem der Stäbe befestigter Bindfaden geht, der ein Gewicht trägt.

- 53 **Die schiefe Ebene.** Eine Vorrichtung, um die Gesetze der schiefen Ebene ganz bequem und mit gehöriger Genauigkeit durch den Versuch nachzuweisen, muß so eingerichtet sein, daß man die Kraft sowohl parallel mit der schiefen Ebene selbst, als parallel mit ihrer Grundfläche wirken lassen kann. Die schiefe Ebene muß dann, sowie die darauf zu legende Walze von Metall sein, und sich durch eine Druckschraube in jeder Stellung befestigen lassen; die Walze dreht sich leicht an den stählernen Spitzen zweier Schrauben, die in dem messingenen Rahmen *ab*, Fig. 76 und 77, ihren Sitz haben. Das Stück *def* Fig. 76.

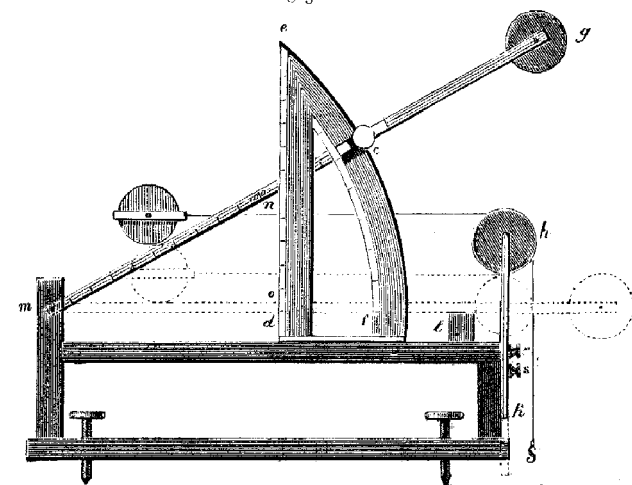
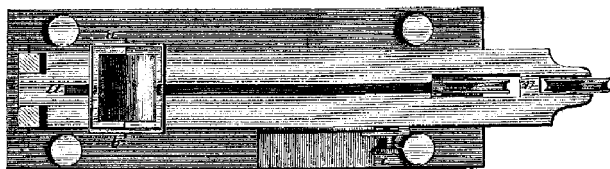


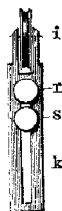
Fig. 77.



enthält auf der Seite *de* eine Theilung in Procenten der Grundlinie, und auf *ef* entweder eine Theilung in Graden, oder in Procenten der Länge der schiefen Ebene. Letztere Theilung ist als eine ungleiche allerdings schwerer aufzutragen, und man thut im Allgemeinen besser, das erforderliche Gegengewicht aus dem bekannten Gewicht der Walze und dem Dreieck *mno* zu berechnen. Wirkt das

Gegengewicht
schiefen Ebene
wirken soll
die über d
geschlitten
ben *r*, *s* i

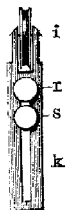
Fig. 78.



anfertigt
schiefe
oberhalb

Gegengewicht über die Rolle *g*, so wird es der Walze auf jedem Punkte der schiefen Ebene Gleichgewicht halten; allein wenn es parallel mit der Grundfläche wirken soll, so findet dieses nur auf jener Stelle der schiefen Ebene Statt, wo die über die Rolle *h* gehende Schnur horizontal steht; diese Rolle wird von der geschlitzten Messingschiene *i k* getragen (Fig. 78) und läßt sich durch die Schrauben *r, s* in verschiedenen Stellungen befestigen, wodurch aber der erwähnte Um-

Fig. 78.



stand nicht geändert wird. Die schiefe Ebene selbst hat für diesen Fall einen Schlitz, um die Schnur horizontal durchzulassen. Die Rollen werden aus Holz gemacht und erhalten nur ganz dünne Axen; *t* dient zur Unterstützung der schiefen Ebene in horizontaler Stellung, und für diese Stellung ist auch der Schlitz *u v* vorn etwas erweitert, damit die Rolle *h* Platz finde.

Einfacher aber, und für den Zweck des Unterrichts ebenfalls 54 ausreichend, läßt man den Apparat aus gutem Holze, wie Fig. 79 und 80 in $\frac{1}{6}$ der wirklichen Größe zeigt, mit vier Stellschrauben

Fig. 79.

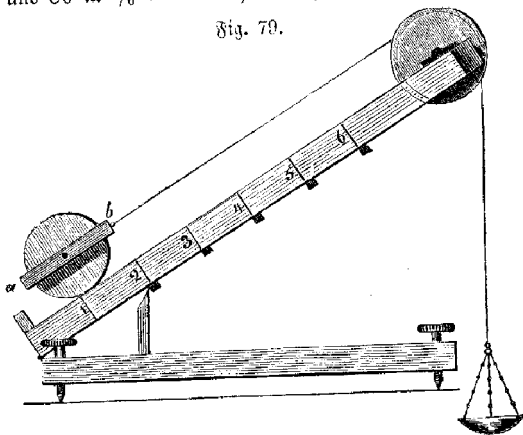
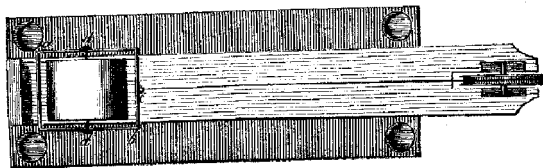


Fig. 80.



anfertigen; die beiden Brettchen werden durch ein Gelenkband verbunden. Die schiefe Ebene selbst erhält vorn einen Einschnitt für die Rolle, deren Axe oberhalb auf dem etwas verjüngten Ende der schiefen Ebene liegt und durch

zwei Bleche gehalten wird. Die Rolle muß so groß sein, als es möglich ist, ohne daß sie den Boden berührt, wenn die schiefe Ebene zugeklappt ist. Für die Stellung bedient man sich eines Stäbchens und befestigt mittelst Stiften auf der unteren Seite der schiefen Ebene einige kleine Leisten oder macht einige entsprechende Vertiefungen in dieselbe, deren Entfernungen unter sich und der Höhe des Stäbchens gleich sind. Die Steigungen gehen dann immer in einfachen Zahlen fort.

Was die Last betrifft, so besteht sie am zweckmäßigsten aus einer Walze von Metall, zur Noth auch von altem, mit heißem Firniß getränktem Holze; ihr Durchmesser richtet sich, wie die Figur zeigt, nach der Höhe der Rolle. Eine hölzerne Walze erhält aber jedenfalls zwei kleine eiserne Bolzen, an welchen sie abgedreht wird. An einem Rahmen *ab* von Messingblech wird bei *c* die Schnur befestigt und bei *dd* durch Aufbiegen der einen Seite die Axe der Walze in die dafür bestimmten Löcher gesteckt. Man erhält nur sehr wenig Reibung. Das Gewicht der Walze wird auf dieselbe gezeichnet, sowie $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ u. s. w. desselben.

Ende, wenn
nur dürfen

Wollte
sich zeigen,
zu empfehle
drehen Cyl
falls hölzern
wicht C zu

55 Die Schraube. Zur Erläuterung der Schraube dient am besten

Fig. 81.

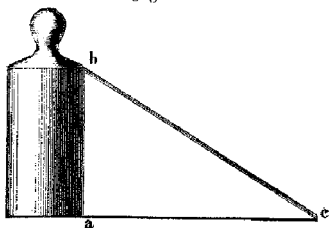
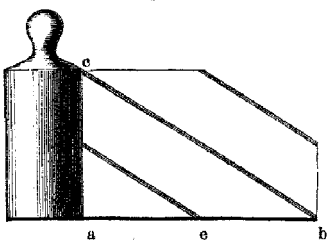


Fig. 82.



ein Cylinder von Holz von etwa 2 Zoll Durchmesser, an welchen ein rechtwinkliges Dreieck von Papier, wie *abc*, Fig. 81, geleimt wird, dessen eine Kathete der Höhe, dessen andere dem Umfange des Cylinders gleich ist. Die Hypotenuse selbst wird mit einem breiten schwarzen Bande versehen und zeichnet beim Aufwickeln des Papiers um den Cylinder einen Umgang der Schraube.

Man kann so auch die doppelgängige Schraube darstellen, wie in Fig. 82, wo *ab* ebenfalls dem ganzen Umfange des Cylinders gleich und *ae* die Hälfte von *ab* ist.

Wollte man wirkliche Schrauben benutzen, um die Theorie derselben durch Gewichte zu zeigen, so müßte man solche mit sehr vieler Steigung wählen, und auch dann noch wird die Reibung zu groß ausfallen. Indessen wird es immer gut sein, wenn man ein paar Modelle von flachgängigen und scharfgängigen einfachen und mehrfachen Schrauben hat, sowie ein Modell einer Schraube ohne



D
richtung

Ende, wenn man dieselben auch nicht zu Versuchen mit Gewichten benutzen will; nur dürfen solche Modelle nicht zu klein sein.

Wollte man indessen wirklich die Wirkung einer Schraube durch den Versuch zeigen, so dürfte folgender, von Prof. J. Müller angegebener Apparat sehr zu empfehlen sein. Der Fuß *MN*, Fig. 83, trägt einen massiven, gut abgedrehten Cylinder *A* von hartem Holze, auf welchen ein hohl ausgedrehter, ebenfalls hölzerner Cylinder *B* gesteckt werden kann, welcher bestimmt ist, das Gewicht *C* zu tragen; letzterer muß aus besonders hartem und trockenem Holze gemacht sein und wird unterhalb in Form einer Schraube abgeschnitten, was sich ziemlich genau machen läßt, wenn man zuerst ein Papier, wie in Fig. 81 darauffleht. Auf den massiven Cylinder werden dann etwa sechs Rollen *aa* ... angeschraubt, so daß sie alle zugleich die Schraube stützen. Die Rollen laufen an Stahlspitzen, und Fig. 84 zeigt eine solche in natürlicher Größe.

Fig. 83.

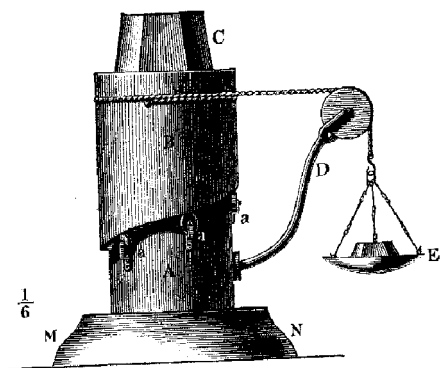
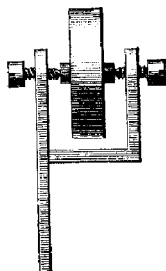


Fig. 84.



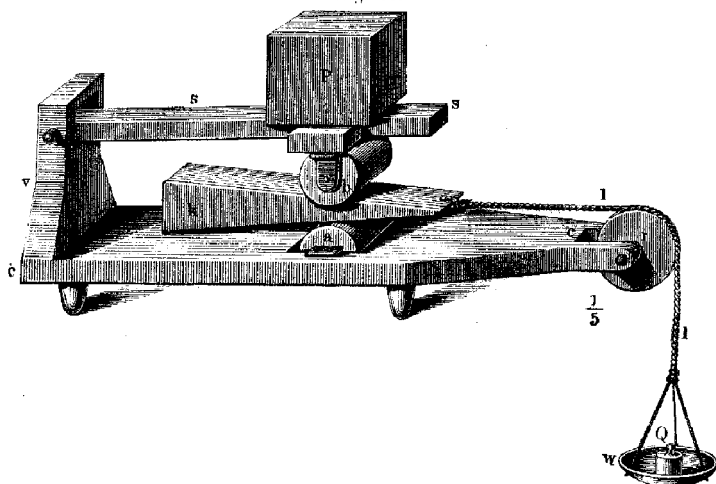
Der Arm *D* trägt ebenfalls eine Rolle, über welche eine Schnur mit dem Gegengewichte reicht. Man giebt der Schraube eine starke Steigung und richtet diese zur Bequemlichkeit beim Versuche so, daß dieselbe ein einfaches Verhältniß zum Umfange hat und etwa $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ desselben beträgt. Der Gebrauch des Apparates bedarf keiner Erläuterung.

Zur weiteren Erläuterung der Anwendung der Schraube bedarf man auch einer Archimedischen Schraube, deren Cylinder aus Glas gemacht ist, und eines Schraubenspiessers, wie man dieselben jetzt überall beim Spielwarenhändler mehr oder weniger schön gearbeitet bekommen kann.

Der Keil. Zur Erläuterung der Lehre vom Keile kann die einfache Vor-
richtung Fig. 85 (a. f. S.) angewendet werden. Sie besteht aus einem Grundbrettchen

rr, das mittelst vier Schrauben am Rande des Tisches horizontal gestellt werden kann, und in welches zwischen Stützchen aus starkem Messingblech die Walze *a* zum Theile eingelassen ist; außerdem befindet sich an dem Brettchen die leicht bewegliche Rolle *r*. Diese Rolle ragt mit ihrem Schnurlauf über den Rand des Brettchens hinaus, um der Wagschale *w* freien Spielraum zu lassen. An der Stütze *V* befindet sich mittelst eines gewöhnlichen Gelenkbandes oder an einem Nagel das Brettchen *ss* mit der Walze *b*, welche durch ein beliebiges Gewicht *p* gegen die Walze *a* gedrückt wird. Zwischen beiden wird der Keil *k* an der Schnur *ll* gehalten. Solcher Keile hat man mehrere von verschiedener Basis bei gleicher Länge.

Fig. 85.



Die ganze Vorrichtung ist höchst einfach, nur die beiden Walzen erfordern sorgfältige Arbeit. Sie werden aus Buchbaum gefertigt und mit ihren dünnen eisernen Zapfen zugleich abgedreht. Daß sich dieselben genau parallel gegenüberstehen, ist bei einiger Sorgfalt schon zu erreichen.

Die Anstellung der Versuche selbst unterliegt keinem Anstande; der Druck des Brettchens *ss* sammt der Rolle *b* wird dadurch bestimmt, daß man es mittelst einer Schnur an eine gemeine Wage befestigt und in die andere Schale so lange Gewicht legt, bis das Brettchen an seinem Gelenke horizontal steht. Dieses Gewicht wird auf das Brettchen *s* notirt und ist jedesmal zu *p* zu addiren. Gut ist es, dieses Gewicht so zu reguliren, daß es eine beliebige ganze Zahl der Einheiten beträgt, mit welchen man gewöhnlich solche Versuche macht, z. B. eine ganze Zahl Lothe.

In d
deten Keile
zontal erhä
bung ist in
sprechend, f

Die

Fig.



In die Wagschale *w* kommt beim Versuche das vorher nach dem angewendeten Reile berechnete Gewicht, so daß der Keil das Brettchen *ss* ebenfalls horizontal erhält. Die Walzen erhalten eine Länge von 1 bis 2 Zoll. Die Reibung ist immer sehr groß und die Resultate darum nicht sehr der Rechnung entsprechend, selbst wenn man metallene Rollen und Reile nimmt.

Die Rollen. Außer dem gewöhnlichen Flaschenzuge muß man bei dem 57

Fig. 86.

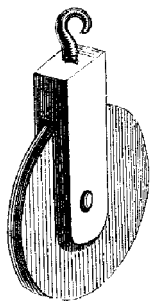
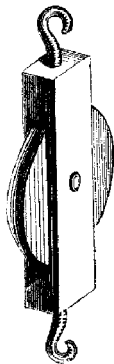
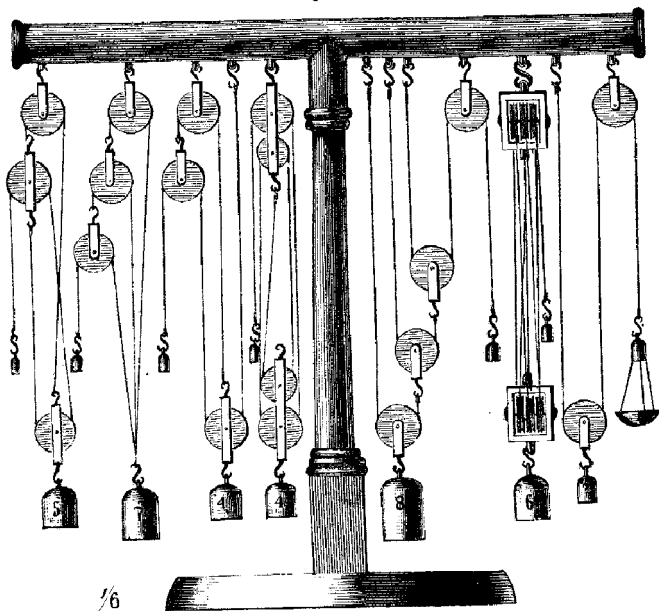


Fig. 87.



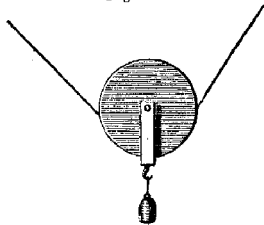
Unterrichte besonders die Wirkung der beweglichen Rolle für den Fall erläutern, wenn die beiden Stricke derselben nicht parallel gehen, weil man hier gute Gelegenheit hat, das Kräfteparallelogramm wieder zu besprechen. Man muß überhaupt eine Anzahl einzelner Rollen mit beweglichem Haken von der Größe wie Fig. 86 und 87 haben, um noch verschiedene andere Rollenzüge nach Belieben zusammensetzen zu können. Die Erörterung derselben giebt, wenn es die Umstände erlauben, Gelegenheit zur Selbstübung einzelner Schüler. Ein Gestell mit verschiedenen Rollenzügen zeigt Fig. 88.

Fig. 88.



Was nun die Rollen selbst betrifft, so müssen dieselben leicht beweglich sein und zwar so, daß bei den Versuchen ihr eigenes Gewicht, wenigstens wenn sie von Metall sind, nicht vernachlässigt werden darf; man gleicht letzteres durch eine besondere Wagschale, wie bei der einfachsten Combination von Fig. 88, aus. Alle Rollen müssen gegen die Ase etwas stärker werden, um die Reibung an den Backen der Flasche möglichst zu mindern; auch darf die Schnur, wie schon früher erwähnt wurde, die Rolle nicht verlassen können. Für die Erklärung

Fig. 89.



der Wirkung einer beweglichen Rolle, wenn die beiden Schnüre nicht parallel sind, wie in Fig. 89, kann man dieselbe Vorrichtung gebrauchen, wie für das Parallelogramm, (Fig. 70); man schlingt dann nur eine einzige Schnur über die beiden Rollen des Gestelles und setzt eine bewegliche Rolle, wie Fig. 86, darauf. Bei den verschiedenen Flaschenzügen kann man zugleich die Vortheile der verschiede-

nen Compositionen für die einzelnen Fälle der Verwendung erläutern.

58 Anfertigung der Rollen. Will man die Rollen aus Messing verfertigen, so schneidet man aus schwarzem Messing von gehöriger Dicke nahezu kreisrunde Stücke mit der Säge, oder hant dieselben mit einem Meißel aus; die vollständige Abrundung wird mit der Feile gemacht. Man durchbohrt sie nun, schlägt einen schwach verjüngt zugeseilten Draht von mindestens einer Linie Stärke durch und löthet diesen mit Zinn ein. Die Rolle wird auf der Drehbank zugleich mit der Ase abgedreht, wobei man dafür sorgt, daß sie zunächst an der Ase um Weniges dicker bleibt als am Rande. Die Ase wird höchstens $\frac{1}{2}$ Linie stark gelassen, und der Schnurlauf muß so tief sein, daß er die ganze Schnur aufnehmen kann, und nichts mehr davon über den Rand der Rolle vorsteht (Fig. 90). Die Rolle wird noch auf der Drehbank vor dem Abfeilen gefirnisset.

Fig. 90.



Fig. 91.



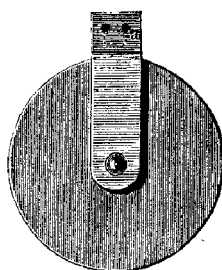
Fig. 92.



Fig. 93.



Fig. 94.



Es
und das
Hakens
einem Fei
mengehalt
am Zwi
verlassen
den ganze
steckt den
öffnet.
des Haken
Sollte de
und nach
denselben
All
oder es
zu empfe
erhalten

Be
genen M
Strickna
und zw
nachher
Kann m
Mangel
mit dem
her aus
ihrer D

Fig.



sehr rei
stabe.

Es werden nun die Backen, Fig. 91, der Haken mit der Kehle, Fig. 92, und das Zwischenstück, Fig. 93, angefertigt, und letzteres nach der Dicke des Hakens tief angebohrt. Die Theile werden zusammengesetzt und so zwischen einem Feilkloben, der über die Hälfte des Zwischenstücks angelegt wird, zusammengehalten, daß die Rolle vollkommen leicht beweglich ist und beinahe oben am Zwischenstücke streift, damit die Schnur später den Schnurlauf nicht mehr verlassen kann. In dieser Lage bohrt man eine Oeffnung *a*, Fig. 94, durch den ganzen Kopf, welche mit dem Loche im Zwischenstücke halb zusammenfällt, steckt den Haken ein und schlägt eine Niete durch, noch ehe man den Feilkloben öffnet. Man kann nun noch ein zweites Loch bohren, welches durch die Kehle des Hakens geht, oder auch an einer anderen Stelle noch eine Niete anbringen. Sollte der Haken zu fest sitzen, so giebt man ihm etwas Del und sucht ihn nach und nach zu drehen. Zuletzt verputzt man den ganzen Kloben und firnißt denselben.

Allerdings könnte man auch das Zwischenstück an den einen Backen löthen, oder es aus dem Ganzen mit ihm machen. Letzteres wenigstens wäre eben nicht zu empfehlen, und nieten muß man ja doch, wenn man einen beweglichen Haken erhalten will.

Bei hölzernen Rollen verfertigt man den Kloben aus einem Stücke gebogenen Messingblechs, die Rolle wird durchbohrt und die aus einem Stücke einer Stricknadel bestehende Axe im Kloben etwas vernietet; Gleiches geschieht auch, und zwar ehe man das Blech zum Kloben biegt, mit dem Haken, dem man aber nachher ein wenig Del giebt und ihn herumdreht, damit er beweglich werde. Kann man entweder nicht selbst solche Rollen machen, oder muß man dieses aus Mangel an Zeit unterlassen, muß man sich überhaupt, was so oft der Fall ist, mit dem Nothwendigsten begnügen, so läßt man um wenige Kreuzer vom Dreher aus hartem Holze eine Anzahl schon durchbohrter Rollen machen, biegt einen ihrer Oeffnung entsprechenden schön runden Eisendraht, wie Fig. 95, steckt die

Fig. 95.

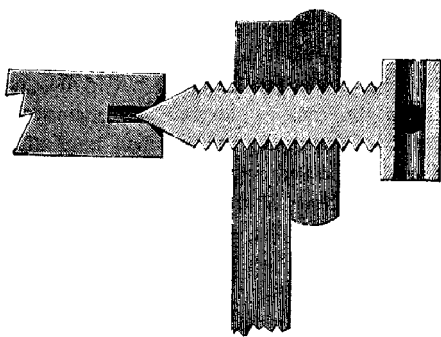


Rolle an *a* und biegt das Stück mit dem Dehr vollends zu, damit das Stück *a* durch dasselbe hindurchreiche. Man erhält so um äußerst geringe Kosten, beinahe ohne Mühe, die erforderliche Zahl noch ziemlich leicht beweglicher Rollen.

Sollen aber Rollen sehr beweglich werden, was für manche Zwecke erforderlich ist, so läßt man dieselben an den Spitzen stählerner, durch die Backen gehender Schrauben laufen. Die Axe erhält beiderseits eine konische Vertiefung, deren Spitze mittelst eines feinen Bohrers weggebohrt wird. Der scharfe Rand, in welchem beide Vertiefungen zusammenstoßen, muß sehr rein sein; Fig. 96 (a. f. S.) zeigt diese Einrichtung in vergrößertem Maßstabe. Bohrt man den Grund der Vertiefung nicht weg, so erhält man auch

bei weniger guter Arbeit eine geringe Reibung aber eine sehr unsichere Lage der Ase.

Fig. 96.



An den konischen Oeffnungen muß die Rolle ihre letzte Abdrehung erhalten. Die Spitzen der Schrauben liegen frei in der ausgebohrten Vertiefung, müssen aber einem spitzigeren Regel angehören als die kegelförmigen Erweiterungen der Ase, so daß diese nur mit dem Rande, wo die Erweiterung in die cylindrische Bohrung übergeht, auf dem wohl polirten Regel

der Schraube aufliegt. Die Schrauben werden in diesem Falle glashart gemacht und es wird ihnen sorgfältig die Stellung gegeben, in welcher sie weder die Ase drücken, noch diese zwischen ihnen schlottern kann. Ist es hierfür sogar nöthig, die richtige Stellung der Schraube durch eine zweite Schraubenmutter festzustellen, wie es Fig. 96 zeigt. Von der Verwendung von Frictionsrollen kann hier keine Rede sein.

59 Der Hebel. Um die Gesetze des Hebels zu zeigen, muß man sich beim Unterrichte keine Zeit reuen lassen und dieselben in den mannigfaltigsten Anwendungen verfolgen; so einfach sie auch zu sein scheinen, so findet man doch ziemlich Schwierigkeit, bis die Schüler den Hebel in jeder seiner Anwendungen wieder erkennen und seine Wirkung zu schätzen und zu berechnen wissen. Die Zeit aber, die man auf die Erörterungen und Einübung solcher Fundamentalsätze verwendet, ist wohl die am besten verwendete.

Der Apparat Fig. 97 und 98 ist ganz gut geeignet zur Darstellung der Gesetze des Hebels; er ist durchaus aus hartem Holze gefertigt, einige kleinere Stücke ausgenommen. Auf dem mit Stellschrauben versehenen Grundbrette *BA* steht senkrecht das Brett *MN* und vor ihm in der Mitte die Säule *C*. Das Brett *MN* hat drei Schlitze *DDD*, um darin Rollen befestigen zu können. Auf die Säule *C* ist der aus Messingblech gebogene Bügel *a* mittelst Holzschrauben befestigt; er hat in seinen Enden einen Einschnitt, um die Ase des Hebels aufzunehmen. Der Hebel selbst ist ein vierkantiger hölzerner Stab, durch dessen Mitte, genau senkrecht zu seiner Länge, eine stählerne Ase durchgetrieben ist; ein Stück einer guten Stricknadel taugt hierzu sehr wohl, wenn

man sein
bohrt.

Von B

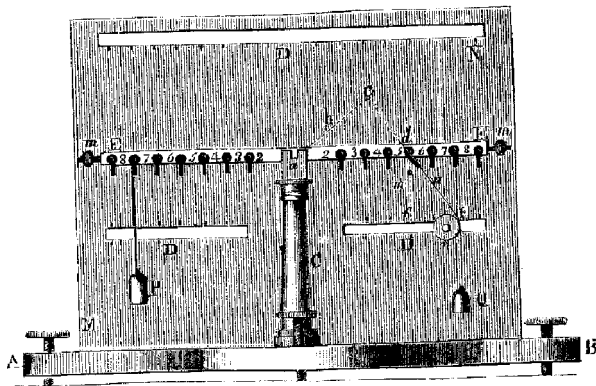
N

M

aber S

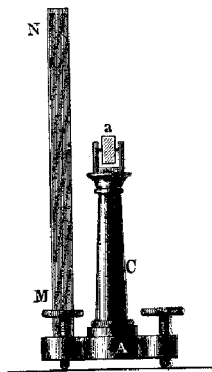
man seine Enden etwas konisch zuspitzt und ein kleines Loch im Hebel vorbohrt. Die Aze wird etwas Weniges über dem Schwerpunkte durchgetrieben.

Fig. 97.



Von Zoll zu Zoll werden nun auf gleiche Weise etwas dünnere Stifte möglichst genau durch die Aze des Stabes und senkrecht zu ihr durchgeschlagen, und in jeden derselben ein Bügel, wie Fig. 99, aus Messingdraht gehängt; man fertigt diese Bügel aus gleichlangen Stücken von hartgezogenem Drahte, damit sie etwas federn und allenfalls auch abgenommen und mit der Biegung nach oben eingehängt werden können. Die Aufhängpunkte werden von der Mitte aus nummerirt. An seinen beiden Enden trägt der Hebel kurze Schrauben mit feinem Gewinde, auf denen sich die beiden metallenen Kugeln *mm* hin und her schrauben lassen, um das Gleichgewicht um so leichter herstellen zu können. Für senkrecht wirkende Gewichte ist die Anwendung des Apparates für sich klar. Will man

Fig. 98.



aber Kräfte schief auf den Hebel wirken lassen, so setzt man in einen oder

Fig. 99.

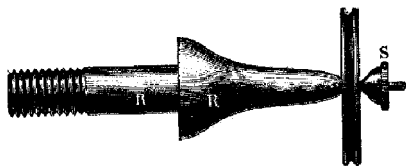
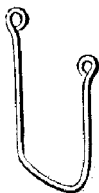


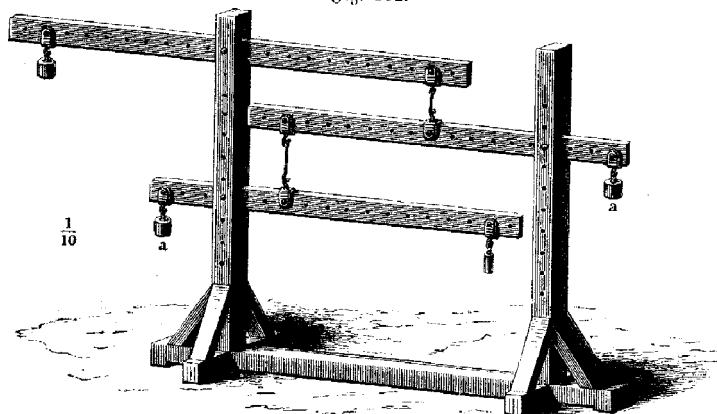
Fig. 100.

beide untere Schlige DD eine Rolle n , die parallel mit dem Brette MN umläuft; sie ist in Fig. 100 (s. v. S.) in natürlicher Größe abgebildet, ist von Zuz oder Messing und läuft um eine mit dem Zapfen RR zugleich abgedrehte stählerne Ase, an welcher eine Schraube so weit angechnitten ist, daß die Rolle zwischen dem Zapfen R und der rückwärts convergen Mutter S gerade noch den nöthigen Spielraum hat, wenn letztere ganz eingedreht ist. Ueber diese Rolle läßt man nun das an einem beliebigen Bügel befestigte Gewicht Q wirken und kann durch directe Messung die Entfernung ac der Richtung dc finden, in welcher nun dieses Gewicht auf den Hebel wirkt; ac ist aber nicht bequem zu messen. Ist aber der obere Rand des Schlages D um eine ganze Zahl von Zollen von der Mitte des Hebels in seiner Gleichgewichtslage entfernt, wie in der Fig. 97 um 3 Zolle, und mit einer Theilung versehen, welche mit der Theilung des Hebels zusammenfällt, so sind die Dreiecke acd und def ähnlich und man kann aus df , de und ad die Entfernung ac finden; dc aber ist bequem zu messen. Für den gezeichneten Fall wäre $df = 3$, $ad = 5$, $de = 3\frac{1}{2}$, also $b = \frac{addf}{da} = \frac{30}{7}$. Wollte man nun links in der Entfernung 7 ein

direct wirkendes Gewicht anbringen, so wäre die Entfernung $\frac{49}{7}$ und die Gewichte müßten sich verkehrt wie die Entfernungen, d. h. $Q:P = 49:30$, verhalten, was, so wie jedes andere Verhältniß, auf die oben beschriebene Weise durch Münzen sehr leicht zu erlangen ist.

Will man den Hebel als einarmigen gebrauchen, so kommt eine Rolle, deren man mehrere hat, in den oberen Schlag, einer der Bügel wird nach oben gerichtet, und man läßt nun das daran befestigte Gewicht über die Rolle wirken und das zweite in der erforderlichen Entfernung direct. Um die Stellung

Fig. 101.



der oberen
der obere

Man
und der V
unveränder
was die U
des Gleich
gerade Lin

Ein
bels zeigt
Jeder der
Weise ver
Löcher gel
Gewichte
bung der
als einar
(a a) vor
bel gebra
hängt M

Die
um einer
einen in
man sie
dazu bra
W
den hier
draht (B

der oberen Rolle für den Zweck hinlänglich genau machen zu können, hat auch der obere Schluß eine mit jener des Hebels zusammenfallende Theilung.

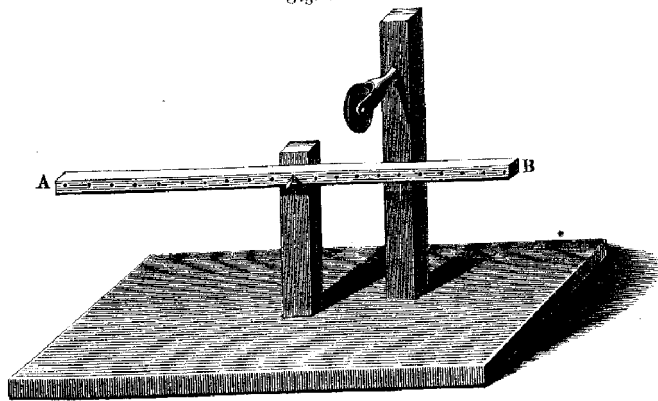
Man kann auch die Aze des Hebels selbst in einen solchen Bügel hängen und der Wirkung der beiden Seitenkräfte durch eine Mittelkraft, statt durch eine unveränderlich feste Unterstüttung, das Gleichgewicht halten, um so nachzuweisen, was die Unterstüttung bei *a* eigentlich zu leisten hat, und überhaupt das Gesetz des Gleichgewichts dreier Kräfte zu zeigen, deren Angriffspunkte durch eine gerade Linie verbunden sind.

Eine einfachere und sehr brauchbare Vorrichtung für die Gesetze des Hebels zeigt Fig. 101. Ihre Einrichtung bedarf keiner weiteren Beschreibung. Jeder der Hebel kann für sich gebraucht oder mit den anderen auf irgend eine Weise verbunden werden. In den Hebeln und im Gestelle sind nur glatte Löcher gebohrt und glatte Drahtstücke dienen als Azen und zum Aufhängen der Gewichte mittelst kleiner messingener Bügel, welche Haken tragen; die Verbindung der Hebel unter sich geschieht durch Draifthaken. Für den Fall, daß sie als einarmige Hebel gebraucht werden sollen, werden sie durch Gegengewichte (*a a*) vorher ins Gleichgewicht gebracht. Soll einer allein als einarmiger Hebel gebraucht werden, so steckt man die obere Stange durch beide Ständer und hängt Rollen an dieselbe für die aufwärts wirkenden Gewichte.

Viel einfacher ist die Vorrichtung in Fig. 102, wo sich der Hebel *AB* nur um einen Stahldraht dreht, und die Bügel der Gewichte ebenfalls nur durch einen in die Oeffnung des Hebels gesteckten Draht da angebracht werden, wo man sie braucht. Die Rolle *C* dient, um Gewichte aufwärts wirken zu lassen; dazu brauchbare Rollen findet man in jedem Eisenladen.

Will man sich mit der einfachsten Vorrichtung begnügen, so hat man nur den hier beschriebenen Hebel mittelst eines etwas längeren Bügels aus Messingdraht (Fig. 97) an irgend einem Haken aufzuhängen, wobei dann freilich nur

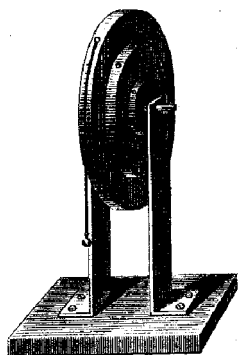
Fig. 102.



nach unten wirkende Gewichte angewendet werden können. Uebrigens kann man auch jede Schnellwaage am längeren Arme mit einer dem kürzeren gleichen Theilung versehen und so, wenngleich weniger allseitig, das Hebelgesetz an ihr nachweisen, wenn man sie vorher ins Gleichgewicht bringt.

60

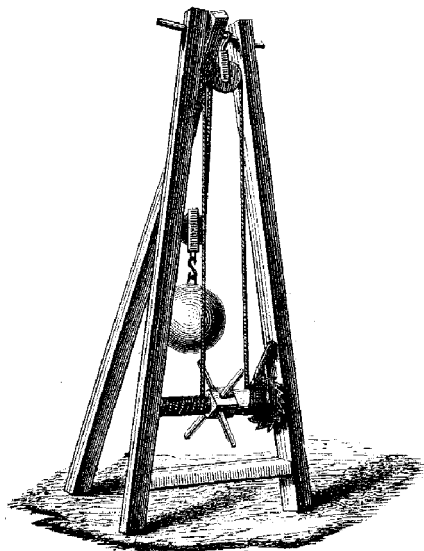
Fig. 103.



Das Rad an der Welle. Durch ein entsprechendes Stück von hartem Holze wird eine eiserne Aze gesteckt und beide werden zusammen so abgedreht, daß das Holz eine Anzahl mit einander verbundener Scheiben darstellt, deren Durchmesser im Verhältnisse von 1, 2, 3 u. s. w. zu einander stehen (Fig. 103). Jede Scheibe erhält zwei diametral einander gegenüberstehende kleine Hasfen zum Einhängen von Schnüren. Diese Scheibe wird von zwei gleichen messingenen Schienen, die auf ein Brettchen geschraubt sind, getragen.

Zur weiteren Erläuterung wird es nun gut sein, wenn man eine einfache hölzerne Welle mit eisernen Zapfen hat, an deren einen man eine

Fig. 104.



Kurbel oder eine mit dieser gleichen Halbmesser habende Scheibe stecken kann, um daran die Wirkung der Kurbel zu erklären. Auch diese Zapfen müssen mit der Welle abgedreht sein und in messingenen ausgeschliffenen Lagern ruhen. Man kann dann die Einwirkung von Gewichten in verschiedenen Stellungen der Kurbel zeigen.

Hat man auf diese Weise Knie, Rolle, Hebel, Rad an der Welle und Kurbel gehörig erläutert, so wird man sehr leicht zur Betrachtung einiger zusammengesetzter Maschinen übergehen können.

Auch
wichten be
der ersten
man besse
das Deck
daß man
das Blech
genietet i
kostet nich

Ein
bock mit
unengesetz
nicht imm
werden d
bei solch
kleinen
sondern

So
flächen
Ebenholz
punkt dar
wie in

einzelne
durch
mit ein
A
die Mo
so schei
Säule
befinder
nachden
Bleiger

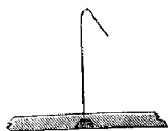
81

Auch für diese sind Modelle nöthig, sie werden aber nicht mehr mit Gewichten behandelt. Unter ihnen nimmt die gewöhnliche Fuhrmannswinde einen der ersten Plätze ein. Anstatt sich aber hierzu ein Modell anzuschaffen, wird man besser thun, eine gute Winde selbst, von der kleinsten Sorte, zu kaufen und das Deckblech der Räder je nach der Construction entweder durchhauen zu lassen, daß man Rad und Getriebe sehen kann, oder wenn dieses nicht angehen sollte, das Blech zum Aufschrauben einrichten zu lassen, während es gewöhnlich aufgenietet ist. Man kann nämlich eine solche Winde auch sonst brauchen und sie kostet nicht mehr als ein Modell.

Ein sehr leicht herzustellendes Modell ist der in Fig. 104 gezeichnete Dreibock mit Gegenwinde, welches um so geeigneter für Erläuterung einer zusammengefügten Maschine ist, da der Dreibock so häufig gebraucht wird, wenn auch nicht immer mit Gegenwinde. Wie viel übrigens in dieser Richtung gethan werden darf, hängt von den Zwecken des Unterrichtes ab; immer wird man aber bei solchen Anschaffungen auf wirklich arbeitsfähige Modelle von nicht gar zu kleinen Dimensionen sehen müssen, und zwar nicht nur weil sie deutlicher sind, sondern weil man sie auch wirklich benützen kann.

Schwerpunkt. Zur Erläuterung der Lage des Schwerpunktes in 61 Flächen kann man aus sehr gleichförmigem Holze — am besten Mahagoni- oder Ebenholz — ein etwa eine Linie dickes Dreieck machen lassen und den Schwerpunkt darauf construiren; wenn man dasselbe dann von der entgegengesetzten Seite, wie in Fig. 105, bis über die Mitte weit anbohrt und im Schwerpunkte selbst

Fig. 105.



mit einer feinen Nadel vollends durchsticht, so kann man es an einem Faden aufhängen, und es wird so nahe im Gleichgewicht sein, daß mit wenig Wachs leicht vollends nachgeholfen werden kann. Man muß nur darauf sehen, daß der Schreiner dasselbe schön gleich dick macht. Ebenso kann man an einem Viereck oder Fünfeck verfahren, indem man die Flächen der

einzelnen Dreiecke als die in ihren Schwerpunkten angebrachten Gewichte nimmt, durch Rechnung die gemeinschaftlichen Schwerpunkte von zweien sucht und diesen mit einem folgenden Dreieckschwerpunkte verbindet.

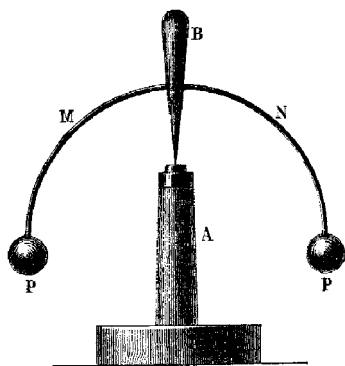
Am stabilsten ist das Gleichgewicht aufgehängter Körper. Kann man nun 62 die Masse eines Körpers so vertheilen, daß derselbe aufgehängt ist, ohne daß es so scheint, so entstehen mancherlei Spielereien. Wenn z. B. auf der Spitze der Säule A, Fig. 106 (a. f. S.), sich ein flach ausgehöhltes Stückchen Metall befindet und man setzt das Stück Holz B mit seiner stählernen Spitze darauf, nachdem man es an den gebogenen Draht MN befestigt hat, welcher die beiden Bleigewichte PP trägt, so wird das ganze System aufgehängt sein, wenn die

Bleifugeln bis unter die Spitze reichen. Das System wird je nach der Größe der Bleifugeln auch noch aufgehängt bleiben, wenn man den Stab *B* mit einer

Fig. 106.

auf der Bezenspitze stehenden Figur aus leichtem Stoffe, wie aus Kork umkleidet, welche den Draht *MN* als Balancirstange in den Händen hält. Eine solche Figur wird in ihre Gleichgewichtslage zurückkehren, wie immer sie gedreht werden mag.

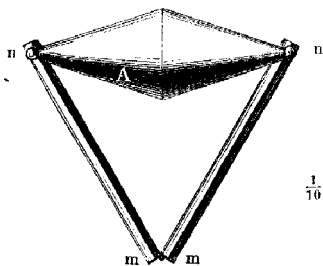
63



den Spitzen Knöpfe hat. Zu diesem werden zwei Brettchen gerichtet, wie *mno* p, Fig. 108, deren obere Kanten *mn* zugespitzt sind und gegen *op*

Fig. 107.

Fig. 108.



eine solche Neigung haben, daß die Axe des Doppelkegels, wenn er bei seinen Knöpfen auf den höchsten Theil, bei *n* Fig. 107, gelegt wird, noch etwas tiefer liegt, als wenn man die gemeinschaftliche Basis auf den niedrigsten Punkt bei *m*

ansetzt. Beide Brettchen werden bei *m* durch ein Gelenkband verbunden und so auseinander gestellt, daß die Spitzen des Doppelkegels in dem Ausschnitte bei *n* liegen können. Setzt man dann den Kegel bei *m* auf, so läuft er nach *n* und kommt in dem Ausschnitte zur Ruhe.

64 Der chinesische Purzelmann. Man kauft denselben bei dem Spielwaarenhändler. Ist die Stiege aufgesetzt, so krümmt man die Figur zusammen, als wollte man sie mit dem Rücken nach unten gekehrt zugleich auf Hände und Füße stellen, stellt sie aber nur auf die Hände, so daß diese auf der Seite gegen die Treppe sich befinden, worauf die Figur über die Stiege heruntersteigen wird. Geht es nicht, so nehme man die Figur um keinen Preis; denn die zu

ihrer Infi
führt es
Biel sich
weniger u

Sta
Standfest
rat sehr



ihrer Instandsetzung erforderliche Zeit ist meistens viel zu groß, und sehr oft führt es zu Aenderungen im Quecksilbergehalt, also zur Verformung der Figur. Viel sicherer gehen die doppelten Gantler; sie sind aber theurer und am Ende weniger unterhaltend.

Standfestigkeit. Die Erläuterung der Gesetze, nach welchen sich die Standfestigkeit richtet, kann durch den in Fig. 109 und 110 abgebildeten Apparat sehr gut geschehen.

Fig. 109.

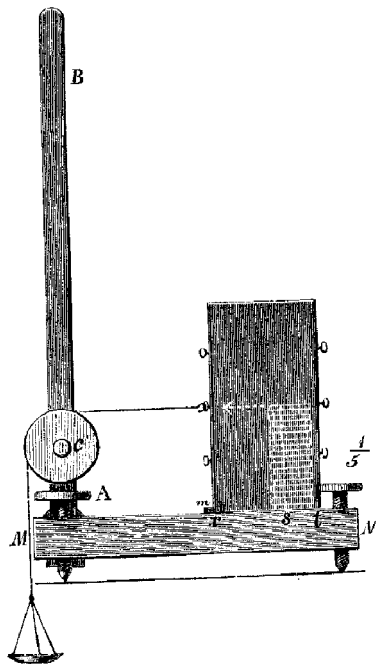
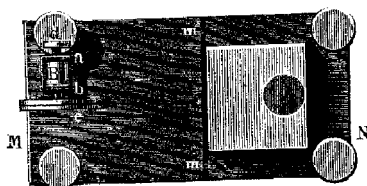


Fig. 110.



steht der vierkantige Eisenstab *B*, an welchem sich die Hülse *ab* mit der Rolle *c* verschieben und durch die Druckschraube *d* beliebig feststellen läßt. In der Mitte, quer über dem Brettchen, ist die dünne Messingschiene *mm* befestigt. Man läßt nun ein genau senkrechtcs Prisma von Weißbuchenholz verfertigen, bohrt mit einem Centrumbohrer eine seiner Grundflächen außerhalb ihrer Mitte bis auf die halbe Höhe an, so aber, daß der Mittelpunkt des Loches der Mitte der Seitenfläche gegenüberliegt, der er am nächsten ist, wie in Fig. 110. Die Oeffnung wird mit Blei ausgegossen, und dieses, nachdem es kalt geworden ist, von unten etwas gehämmert, damit es sich im Loch wieder fest macht.

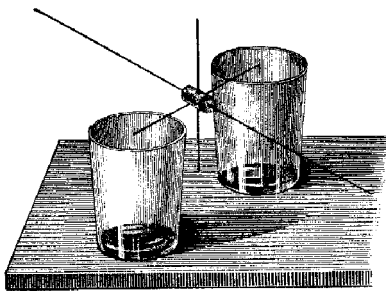
Man bestimmt nun durch Auflegen auf die scharfe Kante eines Lineals die Lage des Schwerpunktes dieses Körpers. Wenn man ein in der Textur gleichförmiges Holz ausgewählt und das Loch für das Blei genau auf die Mitte jener Seite gebohrt hat, der es am nächsten liegt, so wird auch der Schwerpunkt in dem

durch diese Mitte gehenden senkrechten Schnitte liegen. Die Mittellinie dieser und der ihr parallelen Seite wird nun in vier Theile getheilt und auf jeden Theilpunkt ein Häfchen eingeschlagen, an welches eine über die Rolle laufende Schnur mit einer Wageschale gehängt wird. Die Rolle wird so gestellt, daß die Schnur horizontal steht.

Man kann nun aus der Entfernung der Directionslinie der Schwere von jener Kante, über welche das Prisma geworfen werden soll, aus der Entfernung des Angriffspunktes von derselben Kante und aus dem ganzen Gewichte des Körpers das Gewicht berechnen, welches nach dem Gesetze über die Standfestigkeit an der Schnur angebracht werden muß, um in jeder der vier Stellungen, die der Körper haben kann, seine Standfestigkeit zu überwinden, wenn der Haken der Schnur an irgend einem der sechs Häfchen befestigt wird, wobei man die Wageschale natürlich mit einrechnet. Man schreibt das Gewicht des Körpers auf denselben, mißt die Entfernungen rs , st , indem man die Entfernung der Häfchen als 1 annimmt, und schreibt sie nebst dem für jedes Häfchen berechneten Gewichte zu diesem. Man kann übrigens hierfür das Gestell von Fig. 71 gebrauchen, nachdem man Hebel und Knie entfernt hat.

- 66 **Die Wage.** Die Art, wie die Empfindlichkeit einer Wage von der Lage ihres Schwerpunktes abhängt, kann man, nach Greiß, sehr einfach auf die in Fig. 111 abgebildete Weise zeigen. Durch einen Kork werden eine ganze

Fig. 111.



und zwei halbe Stricknadeln rechtwinklig zu einander durchgesteckt und dann wird der Apparat auf zwei Trinkgläser gelegt, so daß die ganze Nadel den Waghallen und die verticale die Zunge vorstellt. Durch Verschiebung der letzteren kann man die Lage des Schwerpunktes der Höhe nach beliebig ändern und dadurch

den Erfolg zeigen, je nachdem der Schwerpunkt mehr oder weniger weit unter oder gar über der Axe liegt.

- 67 **Anschaffung und Behandlung der Wage.** Für einen einigermaßen vollständigen physikalischen Apparat bedarf man zwei Wagen: eine feine für genaue Versuche, z. B. über das specifische Gewicht, und eine gewöhnliche gute Wage zu den verschiedensten Zwecken. Nöthigenfalls kann die

letzte a
wenn sie
gebrauch

Die
der erste
einen th
anschaffe
geheimn
hat, um
Mülligra
Horizon
wie bei
untergef
mit St
Zwecken

Bestimm

die Wa
entfernt
kann;
der Wa
aufsteh
mitgen
Seiten
Einrid
zu öffn
schieben
so, daß
das G
es mu
empfin
daher
der de
liegen,
man l
selben
die H
Quar

letztere auch zur Demonstration beim specifischen Gewichte gebraucht werden, wenn sie so viel Empfindlichkeit hat, als die besseren Wagen, welche Kaufleute gebrauchen.

Die Eigenschaften einer guten Wage sind bekannt. Bei der Anschaffung der ersten, die immer eine bedeutende Auslage veranlaßt, muß man sich an einen tüchtigen Mechanicus halten, und wenn man überhaupt eine feine Wage anschaffen kann, lieber etwas mehr aufwenden, weil man sonst jeden Augenblick gehehmt ist. Man muß darauf sehen, daß sie etwa 5 Hectogramme Tragkraft hat, und mindestens auf 0,00001, d. h. bei einem Hectogramm Belastung ein Milligramm Ausschlag giebt. Ferner muß das Gestell mit Stellschrauben zum Horizontalstellen versehen sein, da das Aufhängen in der sogenannten Schere, wie bei gemeinen Wagen, hier nichts taugt. Man kann sich zwar hier durch untergeschobene Keile ebenfalls helfen, oder durch Aufstellen auf einem anderen mit Stellschrauben versehenen Brette, was man ohnehin zu vielerlei anderen Zwecken nöthig hat; aber beides ist umständlich.

Eine solche Wage muß auch eine kürzere Wagschale haben für die bequeme Bestimmung des specifischen Gewichtes.

Ein wesentliches Erforderniß für deren Erhaltung besteht darin, daß, wenn die Wage nicht gebraucht wird, mindestens die Hauptaxe von ihrer Unterlage entfernt und durch eine sanfte Bewegung wieder auf dieselbe gebracht werden kann; doch soll diese Entfernung nur wenig betragen. Die Ketten oder Stäbe der Wagschalen müssen dabei so lang sein, daß auch die Schalen in der Ruhe aufstehen und erst, kurz nachdem die Hauptaxe wieder gehoben ist, ebenfalls mitgenommen werden. Daß der Kasten ringsum oder wenigstens von zwei Seiten Glaswände habe, ist bei dem Unterrichte sehr bequem, auch muß die Einrichtung so sein, daß man nicht nöthig hat, den Kasten beim Gebrauche ganz zu öffnen, was dadurch erreicht wird, daß sich die vordere Wand in die Höhe schieben läßt. Die Gleichheit der beiden Wagarme untersucht man bekanntlich so, daß man die Wage durch nahezu ihr höchstes Gewicht belastet, und nachdem das Gleichgewicht hergestellt ist, die Schalen sammt den Gewichten verwechselt; es muß auch dann noch Gleichgewicht stattfinden; doch darf dieses bei sehr empfindlicher Wage nicht mathematisch scharf verstanden werden, und wo es sich daher um sehr genaue Bestimmungen handelt, wird man immer zur Methode der doppelten Abwägung greifen müssen. Daß die Schneiden in einer Ebene liegen, unter sich parallel, scharf, gerade und nebst den Pfannen hart seien, darf man bei einer solchen Wage wohl voraussetzen; auch sollte dieselbe immer denselben Ausschlag geben, wenn man die Axen auf den Pfannen verschiebt. Für die Hauptaxe wählt man gewöhnlich ganz ebene Unterlagen aus Stahl oder Quarz.

Was den Gebrauch betrifft, so weise man dem Instrumente einen festen hellen Standpunkt an, an welchem es ohne Umstände stets gebraucht werden kann, und lasse es an demselben. Ist man genöthigt, diese Wage in das Unterrichtslocal zu bringen, so versäume man nie, auch die Aufhängestücke der Schalen von ihren Schneiden zu nehmen, wenn dieses nicht etwa durch den Mechanismus der Wage im Ruhezustande von selbst geschieht, weil sonst diese Theile durch das Mitteln bald Schaden leiden.

- 68 Bei dem **Wägen** selbst wird man am schnellsten zum Ziel gelangen, wenn man die Gewichte der Reihe nach anwendet, ohne eines zu übergehen; denn man täuscht sich sehr oft, wenn man schnell nach den kleineren greift, und ist dann genöthigt, wieder von vorn zu beginnen. Um die Wage keinen unnöthigen Schwankungen auszusetzen, nimmt man ein zu schweres Gewicht nicht weg, bevor das nächst kleinere aufgelegt ist. Man soll die Wage je nach Beschaffenheit ihres Mechanismus auch im Anfange nur so wenig heben, daß die Wagschalen gerade nur noch spielen können, weil bei dem Wechsel der schwereren Gewichte das Umschlagen nach der einen und anderen Seite sehr rasch geschieht und dadurch die Schneiden Schaden leiden könnten. Nur durch die schonendste Behandlung läßt sich ein solches Instrument in gutem Zustande erhalten. Jedesmal hat man vor einer Wägung nachzusehen, welchen Stand der Zeiger der Wage auf seiner Eintheilung im unbelasteten Zustande einnimmt, und sich von der vollen freien Beweglichkeit des Waghakens zu überzeugen.

Den Stillstand der Wage wartet man nicht ab; da der Zeiger sich auf getheiltem Gradbogen bewegt, so kann man den gleichen Ausschlag sehr sicher beurtheilen; man erhält sogar dabei sicherere Resultate als beim wirklichen Stillstand. Dieser tritt aber des größeren Widerstandes wegen sehr bald ein, wenn bei specifischen Gewichtsbestimmungen der zu wägende Körper im Wasser hängt.

- 69 Bei **Anschaffung der gemeinen Wage** muß man auf eine Tragkraft von 5 bis 10 Pfund sehen und auf gehörige Empfindlichkeit, so nämlich, daß sie wenigstens bei geringeren Belastungen noch auf 0,0001 (1 Decigramm) einen Ausschlag giebt; man kann dadurch die feine Wage schonen. Auch sie sollte an einem bestimmten, zum Gebrauch bequemen Orte aufgehängt sein, und dazu braucht man zwei Haken, einen, an welchem die Wagschalen schweben, und einen niedrigen, an welchem sie auf einer Unterlage ruhen. Da sie oft beim Unterrichte gebraucht wird, so befestigt man in der Decke über dem Experimentirtische einen Haken, an welchem man sie mittelst eines gehörig langen steifen Drahtes aufhängen kann. Schafft man sich nur diese Wage an, und sie ist bei der angegebenen Empfindlichkeit zur Demonstration

ausreichend, so muß man doch noch ein Paar flache Wagschalen dazu haben, um sie z. B. bei Bestimmung des specifischen Gewichtes zu benutzen. Bei ihr ist eine sorgfältige Untersuchung aller Theile schon nothwendig, da sie gewöhnlich nicht von Arbeitern gefertigt wird, welche genau wissen, um was es sich hier handelt. Man muß also außerdem, daß man die Gleicharmigkeit der Wage hier wie immer prüft, auch untersuchen, ob die drei Schneiden in gerader Linie liegen. Geht dieses vermöge des Baues der Wage an, so ist die Untersuchung mit einem gespannten feinen und glatten Faden das einfachste Mittel; wo nicht, so muß man durch Wägungsversuche die Sache ermitteln. Die Wage darf an Empfindlichkeit nicht zu sehr abnehmen, wenn die Belastung steigt, und darf auch bei höchster Belastung nicht toll werden; denn im ersten Falle läge die mittlere Schneide gegen die äußeren zu hoch, oder vielmehr die gerade Linie durch letztere unter dem Schwerpunkte der Wage, im letzteren Falle aber läge diese gerade Linie in der mittleren Schneide. Giebt z. B. eine Wage, welche leer auf 1 bis 2 Centigramm einen Ausschlag giebt, bei einer Belastung von 3 Kilogramm in jeder Wagschale noch auf 2 bis 3 Decigramm einen Ausschlag, so kann man in dieser Beziehung zufrieden sein. Daß die Empfindlichkeit der Wage nicht durch dasjenige Gewicht bestimmt wird, welches dieselbe aus der Ruhelage in Bewegung versetzt, sondern durch jenes, welches den Ausschlag der in Bewegung befindlichen Wage ändert, darf als bekannt angenommen werden. Die Hauptaxe muß schief abgeschnitten sein, damit sie an jenen Platten, welche die Reibung des Balkens an den Pfannen verhüten sollen, selbst nur mit der Spitze der Schneide in Berührung komme; auch soll der Spielraum der Axe gegen diese Platte $\frac{1}{2}$ Linie beiderseits nicht überschreiten.

Entspricht eine Wage in diesen verschiedenen Beziehungen nicht, so wird man sie nicht kaufen. Wenn man aber schon eine unrichtige hat, so muß man alle Theile derselben wohl untersuchen. Sind Pfannen und Schneiden nicht hart — die Feile darf nicht angreifen —, so schlägt man sie mit dem hölzernen oder kupfernen Hammer heraus, und härtet sie, oder ersetzt sie durch neue aus besserem Stahle und schleift und polirt sie wieder. Näheres über diese Arbeit ist bei der Lehre vom Pendel angegeben. Bleibt die Wage noch unempfindlich, so liegt ihr Schwerpunkt zu tief, man muß also entweder unter dem Aufhängepunkte Masse wegnehmen oder an der Zunge solche aufsetzen; sind endlich die Schneiden nicht richtig gestellt oder die Arme ungleich lang und die Schneiden nicht verstellbar — was an solchen Wagen wohl nie vorkommt —, so könnte man wohl mit dem Hammer helfen, allein das ist doch schon eine etwas mißliche Arbeit, mit der man um so weniger leicht fertig wird, als man keine Uebung darin erlangen kann; zudem ist der Preis einer neuen Wage eben nicht hoch.

70 Gewichte. Außer den landesüblichen Gewichten hat man sehr oft Nitruburger Apothekergewicht und vor Allem französisches Gewicht nöthig. Ersteres erhält man bis auf Grane herunter bei jedem Apotheker in der erforderlichen Genanigkeit, letzteres aber muß man von einem bewährten Mechanicus beziehen, da das Anfertigen zehnthheiliger Gewichte eine höchst mühsame Arbeit ist, wenn es nicht nach einem Muttergewichte geschehen kann. Selbst bei gehöriger Vorsicht, wozu namentlich das nicht zu umgehende jedesmalige Einlegen der Gewichtstheile, welche nicht gerade auf der Wage liegen, an die gehörige Stelle des Futterals gehört, wird es doch wohl auch begegnen, daß eines der kleineren Gewichte durch unrichtiges Anfassen mit dem Zängchen auspringt und nicht wieder gefunden wird. Darum wird es gut sein, sich in Zeiten die kleinen Gewichte aus recht dünnem Feinsilberblech mehrfach anzufertigen. Solches Blech kann man bei Silberarbeitern leicht bekommen, der Betrag dafür ist kaum nennenswerth. Bis auf Centigramme reicht zum Justiren auch die oben erwähnte feine Wage aus. Allein für die Milligramme wird man sich nur so helfen können, daß man aus einer gleich dicken Stelle des Bleches ein viereckiges Stück von einem Decigramm abwägt, es mit dem Zirkel am Rande sorgfältig theilt und dann mit einem scharfen Messer längs einem metallenen Pincel in Stücke von 5, 4, 3, 2, 1 Milligramm zerschneidet. Die einzelnen werden dann auf der Wage noch nachgewogen, um etwaige gröbere Unrichtigkeiten zu entdecken. Chemiker besitzen öfter Wagen, die bis auf 0,1 Milligramm empfindlich sind, und man muß solche Gelegenheit benützen, um sich die kleineren Gewichte zu justiren, auch hat man hierzu manchmal Gelegenheit bei den Hauptstädten des Staates. Da die deutschen Civilgewichte nach Halbierungen fortschreiten, so bedarf man nur eines einzigen sicheren Gewichts, um sich die übrigen alle selbst zu justiren, soweit die Empfindlichkeit der Wage dies gestattet. Man verfährt dabei so, daß man das Muttergewicht mittelst Schrotkörnern und Stanniolblättchen auf der Wage ins Gleichgewicht setzt, das Gewicht wegnimmt und nun das Gegengewicht auf beide Schalen vertheilt, bis die Wage wieder im Gleichgewichte ist. So fährt man bis auf die kleineren Theile fort, da man sich zu genaueren Arbeiten nur wenig auf die im Handel vorkommenden, wenn auch gestempelten Gewichte verlassen kann. Man geht hier immer vom größeren Gewichte aus, denn umgekehrt würden sich die Fehler multipliciren. Zuletzt müssen alle neu gefertigten kleineren Gewichte, welche dem Muttergewichte zusammengenommen gleich sein sollen, auch zusammen mit diesem verglichen werden, und ihm wenigstens sehr nahe wieder gleich sein.

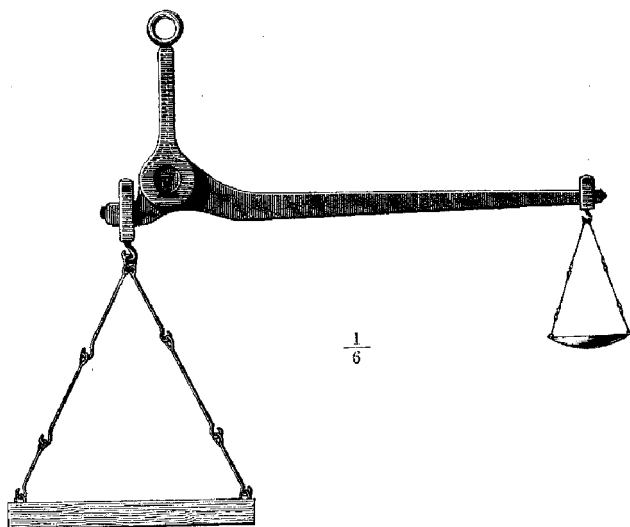
71 Schnellwage. Eine gewöhnliche Schnellwage mit Läufer und ohne Wagschale hat man bloß zur Demonstration ihres Gebrauches nöthig; man controlirt dieselbe vor dem Ankaufe durch angehängte Gewichte. Außer einer ge-

wöhnlich
der eige
Brücken
so gearb
112 ang
kraft er

B
erläuter
allgemei
lichkeit,
darauf
wenn a
Sehr g
Centner
Klappe
sind du
sind, d
Modell
steht a
welches

wöhnlichen Schnellwage sollte man für die Erläuterung der Hebelwirkung und der eigentlichen Brückenwage, sowie der gewöhnlichen oder Quintenz'schen Brückenwage noch eine einfache zweiarmige Decimalwage besitzen, deren Schalen so gearbeitet sind, daß die leere Wage im Gleichgewichte ist. Bei den in Fig. 112 angegebenen Dimensionen kann eine solche Wage leicht 50 Pfund Tragkraft erreichen.

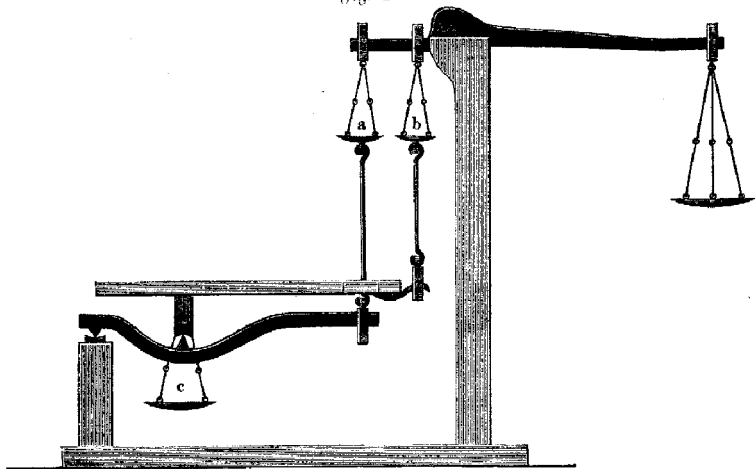
Fig. 112.



Brückenwage. Die Einrichtung derselben kann an jedem Exemplare 72 erläutert werden, darf aber nicht wohl unterbleiben, da diese Wage nachgerade allgemein gebraucht wird. Bei ihrer Beurtheilung kommt es neben der Empfindlichkeit, die übrigens 0,0001 (nie bis 1 Quentchen) selten übersteigt, hauptsächlich darauf an, daß sie ihr Decimalverhältniß bei verschiedenen Gewichten bewährt, wenn auch die Gewichte auf eine beliebige Stelle der Brücke gebracht werden. Sehr geeignet zur Demonstration ist eine Brückenwage von etwa einem halben Centner Tragkraft, deren Brücke nur aus einem schmalen Rahmen und zwei Klappen besteht, welche den Rahmen beim Zumachen ausfüllen. Die Klappen sind durch Gelenkbänder an den Rahmen befestigt und lassen, wenn sie geöffnet sind, die unteren Hebel sehen. Ein zur Erklärung ganz besonders geeignetes Modell einer solchen Quintenz'schen Brückenwage zeigt Fig. 113 (a. f. S.); dasselbe steht auf drei Füßen und die Wagschale *c* hängt an einem eisernen Querstück, welches die Lager verbindet, wodurch die Brücke auf den beiden Schneiden des

unteren gabelförmigen Hebels ruht. Man kann an einem solchen Modelle die Verhältnisse und die Wirkung der einzelnen Hebel erläutern.

Fig. 113.



- 73 Elasticität.** Die Elasticität des Elfenbeins zeigt man dadurch, daß man eine elfenbeinerne Kugel von etwa einem halben Zoll Durchmesser auf eine Marmorplatte fallen läßt. Man braucht eine solche Platte nur anzuhängen, um zu zeigen, daß die Kugel je nach der Fallhöhe einen mehr oder weniger breiten Fleck durch ihr Aufschlagen auf der Platte zurückläßt; man sieht diese Flecke besser, wenn man die Tafel etwas schief gegen das Licht hält. Gellfarbige Platten kann man mit Lampenruß schwärzen, wodurch die Flecke deutlicher werden. Die Platte wird vor dem Versuche durch Seile horizontal gestellt, damit die Kugel wieder senkrecht aufspringt und man dieselbe nicht erst wieder auf dem Boden suchen muß. Letzteres ist übrigens doch sehr oft der Fall, da die Elasticität des Elfenbeins und die Härte der Platte nicht überall dieselben sind; am einfachsten fängt man die aufspringende Kugel sogleich ehe sie wieder auf die Platte fällt.

Jeder Rest einer marmornen Tisch- oder Ofenplatte dient für diesen Versuch, nachdem er vom Steinhaner quadratisch zugerichtet ist. Am zweckmäßigsten ist es, vom Schreiner eine Zarge von Holz mit vorstehendem Rande um die Platte machen zu lassen und sie mit Gyps in derselben zu vergießen, Fig. 114. Der Gyps wird mit Wasser zu einem dünnen Brei angerührt und über die Platte von unten gegossen, nachdem diese auf die etwas übergreifenden Ränder der Zarge gelegt ist. Nachdem der Gyps hart geworden, wird er unterhalb

geeignet u
ganz dünn
An
tert sind,
Elasticität
verwendet
Di
peten, f

rendem
frühere
so ein f
„Glasf

D
Glasf
fallen l
auch se
u. dgl.
Boden
etwas
durch
Versuch

D
dieselbe
man h
Beim
den. S
durch
zerbroch

geeignet und ein hölzerner Boden auf die Barge geschraubt, wobei man noch etwas ganz dünnen Gypsbrei vorher aufgießt.

Auf diesen Versuch kann man zurückkommen, nachdem die Fallgesetze erörtert sind, und aus der Höhe, bis zu welcher die Kugel wieder aufspringt, auf die Elasticität des Elfenbeins schließen. In diesem Falle darf keine große Kugel verwendet werden, eine Kugel von $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser genügt.

Die Elasticität des wohlverfühlten Glases zeigt man an den Glaskomperten, Fig. 115, deren dünne vordere Wand sich beim Hineinblasen unter Kfir-

Fig. 114.

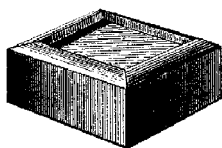


Fig. 115.



Fig. 116.



Fig. 117.

$\frac{1}{5}$



rendem Schalle nach außen biegt und beim Anziehen der Luft wieder in die frühere Lage zurückgeht. Ein Büschel Glasfäden dient zu gleichem Zwecke, ebenso ein spiralförmig zerschnittenes Trinkglas, worüber das Nähere unter dem Artikel „Glasprennen“ mitgeteilt wurde.

Die Bologneser Flaschen, Fig. 117, bestehen aus nicht verführtem Glase und springen, wenn man einen Splitter von einem Feuerstein hineinfallen läßt, oder denselben etwas darin herumrüttelt. Es kommen im Handel auch solche Flaschen vor, die zum Herausnehmen von Brautweinproben u. dgl. bestimmt sind und durchaus die gleiche Form und einen gleich dicken Boden haben; sie sind aber daran kenntlich, daß ihr Hals glatt abgeebnet und etwas ausgelegt ist, wie Fig. 116. Diese werden verführt oder verlieren doch durch das Aufwärmen des Halses ihre Sprödigkeit, taugen daher zu diesem Versuche gar nicht.

Den Versuch mit den Glaskränen macht man am besten so, daß man dieselben in ein Papier wickelt und ihnen dann die Spitze wohl hinten abbricht; man hat dann all den feinen Sand, in welchen sie zerspringen, im Papiere. Beim Zerspringen in der Luft könnte durch die Splitter Jemand beschädigt werden. Hält man dieselben in ein Trinkglas voll Wasser, so wird das Glas durch die vereinigte Gewalt, mit der die Splitter auseinanderfahren, meistens zerbrochen.

Die Gesetze der Elasticität bei Metallstäben und Drahtseilen nachzu- 74

weisen, kann kein Gegenstand des elementaren Unterrichts sein; ebensowenig die Nachweisung des Gesetzes der Torsionselasticität. Höchstens könnte man sich etwa darauf einlassen, die Existenz der letzteren dadurch zu zeigen, daß man einen Draht an einen in der Decke oder in einem anderen Gestell befestigten Haken bindet, unterhalb mit Gewicht beschwert und nun dem letzteren eine Drehung giebt, um seine Oscillationen sehen zu lassen.

75 Cohäsion. Versuche über die Cohäsion werden wohl nur selten beim Unterrichte vorgenommen, weil sie sehr zeitraubend sind und ohne zahlreiche Wiederholungen doch zu keinem Resultate führen können, das Factum der Cohäsion an sich aber durch keinen besonderen Versuch erläutert zu werden braucht. Die verschiedenen Hebelvorrichtungen, welche dazu dienen, die absolute Cohäsion von Hölzern, Striden u. dgl., sowie die Tragfähigkeit von Balken zu bestimmen, können darum hier flüchtig übergangen werden.

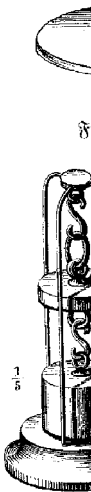
76 Die Adhäsion wird gezeigt, 1) mittelst abgeschliffener Platten aus Glas oder Metall, 2) mittelst zusammengepreßter Bleistücke, 3) durch die Muschenbroef'schen Cohäsionsplatten, 4) durch Glas- und andere Platten auf Quecksilber und Wasser, 5) mit dem schottischen Dreher.

Ad 1) Glasplatten werden vom Glaser aus nicht zu dickem Spiegelglase rund oder wenigstens achteckig geschnitten, dann wird auf einem gewöhnlichen Schleiffsteine der Rand vollends abgerundgt; zuletzt werden mittelst Siegelack hölzerne Handgriffe darauf gekittet. Die Platten müssen, wie allemal, wenn man mit Siegelack kittet, so warm gemacht werden, daß das Siegelack von selbst darauf zerfließt. Man wird leicht zwei solche Spiegelstücke finden, die ziemlich gut an einander haften, was man natürlich versucht, bevor man sie in Arbeit nimmt. Metallene Platten müssen, nachdem sie vorher möglichst eben abgedreht wurden, vollends eben geschliffen werden. Es geschieht dieses zuerst mit jeder einzelnen auf einer wohl abgerichteten Eisenplatte oder einem Stücke Spiegelglas mit Sand und Wasser, zuletzt mit feinem Smirgel. Auf einander selbst schleift man sie mit gepulvertem Bimsstein und Del. Solche Platten erfordern vielen Fleiß, denn auch die gekauften sind sehr oft, trotz der hohen Preise, fehlerhaft.

Ad 2) Zwei Bleichylinder von etwa $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser und Länge werden zuerst mit der Feile und dann mit dem Federmesser wohl geebnet und im Schraubstock auf einander gepreßt; sie halten gewöhnlich so fest, daß man sie nur schwer wieder trennen kann.

Ad 3) Die Muschenbroef'schen Adhäsionsplatten werden behandelt wie jene unter No. 1; um sie auf einander zu befestigen, werden sie etwas erwärmt und mit Talg bestrichen, dann bis zum Erkalten in einen Schraubstock stark

eingepan-
tragen bi-
Mi-
Recipient
den Dru-
8



durch u-
in die 2
hält die
Ebene d
nirgende
versteh
man na
Aufliege
B

körnern
Quecksil-
man da
müssen
mit We-
von S-
Pfeffert

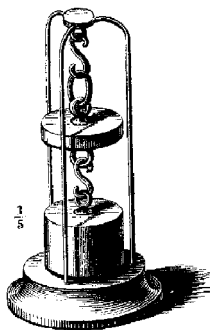
eingespannt; sie haben zu diesem Zwecke in einem Knopf eingehängte Ringe, und tragen bis 50 Pfund (Fig. 118).

Mit beiden Arten von Adhäsionsplatten kann auch der Versuch unter dem Recipienten der Luftpumpe aufgestellt werden, um zu zeigen, daß sie nicht durch den Druck der Luft zusammengehalten werden. Doch ist hierzu eine Vorrichtung, wie Fig. 119 zeigt, nöthig. Diese besteht aus

Fig. 118.



Fig. 119.



einem (wenn etwa die Schraube auf der Mitte des Tellers der Luftpumpe hervorragen sollte, in der Mitte durchbohrten) Brettchen, worauf drei Messingstäbe stehen, welche den Haken zum Aufhängen der Platten tragen; es ist dieses sowohl zur Schonung des Tellers bei etwaigem Abreißen, als zur Bequemlichkeit nöthig. Die Größe richtet sich natürlich nach der Größe der Platten, die man hierfür immer etwas kleiner nimmt. Das Gewicht darf jedenfalls nicht hoch über dem Brettchen hängen.

Ad 4) Dieser Versuch wird am einfachsten folgendermaßen vorbereitet. Auf eine runde Glas- oder Messingcheibe kittet man ein fingerlanges Stück Siegellack und an dasselbe eine Schnur. Man hängt sodann an die gemeine Wage einerseits statt der Wagschale diese Schnur mit der Platte und knüpft sie so, daß die Platte gerade auf eine untergesetzte Tasse mit Wasser reicht. Das Siegellack wird nun durch langsames Erwärmen

durch und durch schwach erweicht und die Platte auf das Wasser gesetzt, während in die Wagschale der anderen Seite ein kleines Gewicht kommt. Die Adhäsion hält die Platte und das Gewicht zieht das Siegellack so, daß es senkrecht zur Ebene der Platte wird. Daß man dabei die Tasse so rücken muß, daß die Platte nirgends an dem Rande derselben anstößt, sondern frei auf dem Wasser liegt, versteht sich wohl von selbst. Da sich das Siegellack dabei etwas stretcht, so macht man nachher an die Schnur einen oder mehrere Knoten, bis die Wage beim Ausliegen der Platte wieder horizontal steht.

Bei dem Versuche selbst wird die freihängende Platte zuerst mit Schrotkörnern an der Wage ins Gleichgewicht gebracht, bevor man die Tasse mit Quecksilber oder Wasser untersetzt. Durch allmählig aufgelegte Gewichte bringt man dann die auf die Flüssigkeit aufgesetzte Platte zum Abreißen. Die Platten müssen dabei sorgfältig gereinigt werden, was man am besten durch Abwaschen mit Weingeist erreicht; auch muß namentlich die Oberfläche des Quecksilbers rein von Staub sein. Man filtrirt es zu dem Zwecke durch einen nach Art der Pfefferdüten gedrehten Trichter aus Schreibpapier, der in einen Glasrichter ge-

setzt wird, in die Tasse. Diesen Papiertrichter schneidet man unten mit einer Schere so weit ab, daß das Quecksilber nur in einem feinen Strahle durchläuft. Auch der obere Rand wird abgeschnitten und nach innen umgedrückt, damit der Trichter nicht aufgehen kann. Die Glasplatte wird mit dem Rande zuerst aufgesetzt und dann allmählig gelegt, damit alle Luftblasen entweichen können und das Quecksilber einen klaren Spiegel unter ihr bildet. Bei Wasser sind mit Ausnahme des Filtrirens dieselben Vorrichtungen nöthig.

Ad 5) Der schottische Dreher besteht aus einer leichten auf ein Convexglas oder auf ein Uhrglas gefitteten Figur. Man setzt das Glas auf eine Glasplatte oder einen Porzellanteller, indem man zwischen Glas und Teller einen Tropfen Wasser bringt; neigt man den Teller ein wenig, so dreht sich das Glas mit der Figur ein halbes Mal herum und man kann durch abwechselndes Neigen des Tellers nach allen Seiten des Horizontes, aber immer in derselben Richtung, das Glas mit der Figur zum anhaltenden und ziemlich schnellen Drehen bringen. Man muß aber diesen Versuch vorher eigens einküben, weil er anfänglich nicht gleich gelingt. Leider verliert man die einmal erlangte Übung immer wieder, bis der Versuch nach Jahresumlauf abermals vorkommt, darum wird er gewöhnlich mit Recht übergangen.

Da man sehr oft in den Fall kommt, volle Gefäße auszugießen, so mag hier erwähnt werden, daß man das Anziehen der Flüssigkeit an dem Gefäße am wirksamsten verhindert, wenn man zuerst einen Glasstab mit der Flüssigkeit benetzt und ihn dann in verticaler Richtung an jenen Theil des Randes vom Gefäße hält, über welchem man ausgießen will; die Flüssigkeit folgt dem Stabe.

B. Versuche über die tropfbarflüssigen Körper.

- 77 **Gleichförmige Fortpflanzung des Druckes.** Das Grundgesetz der Hydrostatik, das Gesetz der gleichförmigen Fortpflanzung des Druckes, läßt sich durch folgenden Apparat sehr gut nachweisen. Er ist um so bequemer, als er zugleich die Anwendung dieses Gesetzes in der Bramah'schen Presse zeigt und ein kostbares Modell einer solchen erspart und selbst dazu dienen kann, um dasselbe Gesetz für elastischflüssige Körper zu zeigen. Er ist in Fig. 120 und 121 im Grundrisse und im Durchschnitt zu $\frac{1}{2}$ der wirklichen Größe gezeichnet.

Auf dem Tischchen *MN* ist die Eisenplatte *aa* eingelassen und auf dieser befinden sich die beiden Cylinder *A, B* aus Kanonenmetall, wovon *A* einen genau 6 mal so großen Durchmesser hat als *B*; sie sind durch das mit einem

Söhne D
von der g
daß der g

Hähne *D* verfehene Rohr *C* verbunden. In beiden sind metallene Kolben, wo-
von der größere hohl und oben offen ist; diese Kolben sind so eingeschliffen,
daß der größere, wenn man ihn in Drehung versetzt, frei in dem Cylinder einige

Fig. 120.

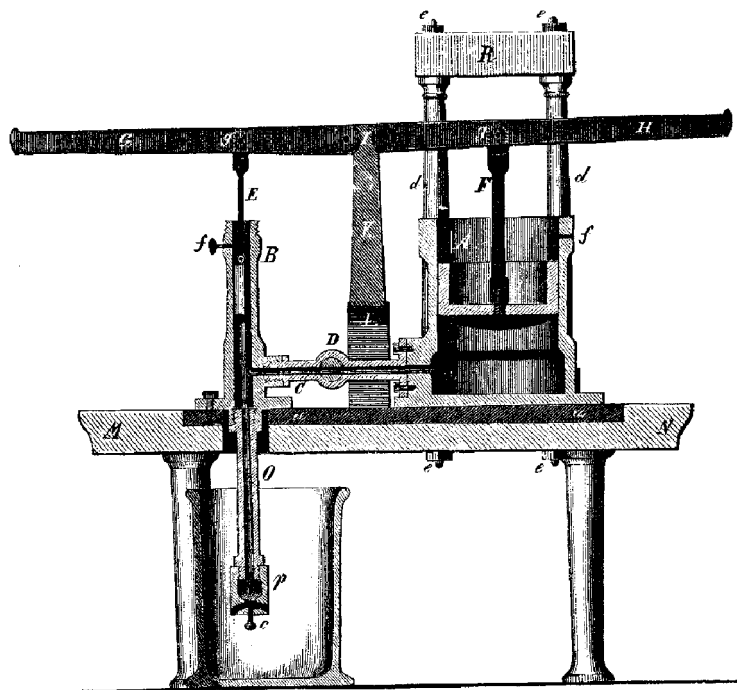
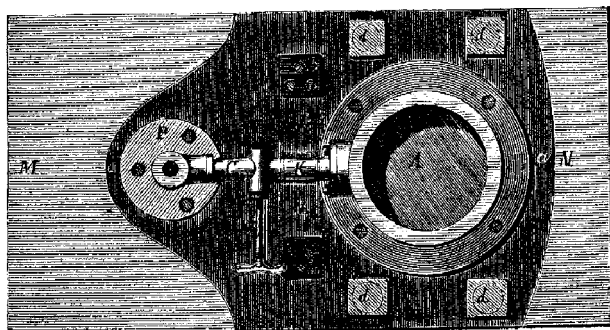


Fig. 121.



Mal umläuft und doch luftdicht schließt, sie erhalten auch kein Fett; es müssen aber die Cylinder und Kolben vor dem jedesmaligen Gebrauch mit reiner Feinwand ausgewischt werden, um allen Staub zu entfernen. Die Kolben stehen durch die Gelenkstangen *E, F* mit den Hebeln *G, H* in Verbindung; diese Hebel sind beide ganz gleich und an dem Querstück *I* eingelenkt, welches von der eisernen Säule *K* getragen wird, die ihrerseits auf dem halbkreisförmig über die Röhre *C* weggehenden eisernen Bogen *L* ruht; letzterer ist durch die beiden Lappen *b, b* auf die Grundplatte befestigt. Alle Gelenke sind genau eingepaßt und eingesmirgelt, so daß sie eine leichte und doch sichere Bewegung haben. An den kleinen Cylinder *B* ist unterhalb das Saugrohr *O* mit dem Ventilstück *p* angeschraubt, das Ventil kann von außen durch den Ventilstift *c* von Hand gehoben werden. Auf der Grundplatte stehen ferner die vier Säulen *d, d, d, d*, welche die Querplatte *R* tragen; sie können wie die Platte *R* von Holz sein; in diesem Falle werden sie durchbohrt und ein Eisenstab durchgesteckt, welcher mittelst der Schraubenmutter *e, e, e . . .* die Platte *R* gegen die Grundplatte hält.

Beim Gebrauche wird unter das Tischchen ein passendes Wassergefäß gesetzt, die Kolben werden entfernt, die Cylinder durch den Hahn verbunden und bis an die kleinen Oeffnungen *f, f* mit Wasser gefüllt (*f* kann am kleinen Cylinder durch einen eisernen Zapfen verschlossen werden). Beim Aufsetzen der Kolben entweicht die Luft durch *f*, und man hebt nun, nachdem die Hebel eingeklebt sind, mittelst eines Drahtes oder der Hand das Ventil so weit, um Wasser auszulassen, bis beide Hebel horizontal stehen. Man kann die Füllung auch so machen, daß man den großen Kolben bis über die Oeffnung *f* hebt, wodurch sich der Apparat zum großen Theile mit Wasser aus dem untergelegten Gefäße füllt. Um vollends alle Luft zu entfernen, pumpt man nun mit dem kleinen Kolben so viel Wasser nach, bis dieses sich bei *f* zeigt, worauf man die Hebel durch Oeffnen des Ventils horizontal macht. Ein- für allemal wird die Tara eines jeden Hebels sammt Kolben durch Aufhängen in den Punkten *g, g* an einer gewöhnlichen Wage bestimmt, und berechnet, wieviel Gewicht am Hebel

Fig. 122. des großen Kolbens zugelegt werden muß, um dem Druck des kleinen Kolbens für sich allein zu widerstehen. Dieser Tara wird gleich für jeden Hebel ein Haken, wie Fig. 122, nebst einer kleinen Wagschale beigezlagen. Hat man auf diese Weise das Gleichgewicht hergestellt, so wird jede Zulage von Gewicht am kleinen Kolben für den großen Kolben das 36 fache erfordern, da beide Hebel gleiches Verhältniß haben. Man kann auf diese Weise demnach sehr gut die gleichförmige Fortpflanzung des Druckes durch

Gewichte nachweisen.

Schließt man nun den Hahn *D* und entfernt den kleinen Kolben sammt

Fig. 123



Fig.

dazu ein
Fig. 125

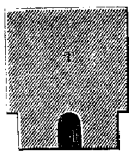
Strid

Fig. 123. Hebel, schließt auch die Oeffnung *f* des Cylinders *B* und schraubt die Glasröhre *RR*, Fig. 123, mit der messingenen Fassung *S* auf den kleinen Cylinder, so kann man diese auf eine beliebige Höhe über der Wasserfläche des großen Cylinders ebenfalls mit Wasser füllen; diese Höhen sind von 1 bis 3 Fuß auf der Röhre verzeichnet. Berechnet man nun das Gewicht einer gleich hohen Wasserfäule von dem Durchmesser des Cylinders *A* und zieht die Tara ab, so weiß man, wieviel Gewicht nach dem Hebelverhältniß noch beizulegen ist, um so dem eigenen Gewichte des Wassers in der engen Röhre das Gleichgewicht zu halten, wenn der Hahn *D* wieder geöffnet wird. Alle diese Rechnungen sind leicht, da der Durchmesser des kleinen Kolbens genau 0,5 und der des großen 3 Zoll beträgt.



Schließt man *D* abermals und läßt das Wasser durch Hebung des Ventils *c* bis unter *f* aus dem kleinen Cylinder auslaufen, setzt Kolben und Hebel wieder ein und entfernt dafür den Hebel *II* und die Stange *F*, so kann man auf den Kolben des großen Cylinders den gut auf Boden und Rand des Kolbens aufsitzenen Zapfen *T*, Fig. 124, aus Weißbuchenholz aufsetzen und zwischen diesen und das Stück *R* irgend einen zu pressenden Körper bringen. Handhabt man nun den Hahn *D* und den Hebel *G* gehörig, so kann man mehr Wasser in den großen Cylinder pumpen und dadurch sogleich die Anwendung des Gesetzes der gleichförmigen Fortpflanzung des Druckes auf die hydraulische Presse zeigen. Man kann mit einem solchen Modelle leicht, ohne es zu beschädigen, einen Druck von einigen Centnern ausüben; es würde wohl vermöge der Metallstärke auch 100 Centner aushalten, allein es entstehen dabei leichte Verbiegungen der eisernen Grundplatte, welche so auf den weiten Cylinder zurückwirken, daß der Kolben desselben seine leichte Beweglichkeit verliert. Für die Demonstration

Fig. 124.



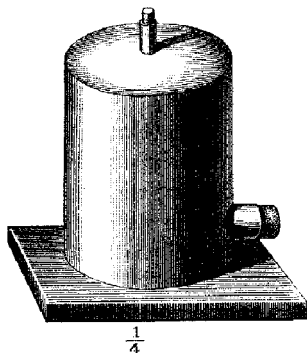
ist es aber auch ganz gleichgültig, wie groß der wirklich ausgeübte Druck sei, nur sein Verhältniß zu dem Drucke in *B* ist wichtig; daher wird es gut sein, sobald der Kolben *A* wirklich drückt, die Hand am Hebel *G* durch ein entsprechendes Gewicht zu ersetzen.

Die Entleerung nach dem Versuche geschieht einfach durch das Ventil *c*.

Will man sich auf einfachere Weise behelfen, so dient dazu ein beliebiges aber starkes Blechgefäß mit zwei cylindrischen Ansätzen, wie Fig. 125 (a. f. S.). In diese Ansätze paßt man gut schließende Korke, wovon der für

den engeren Ansatz bestimmte lang und ebenfalls cylindrisch sein muß, der andere Kork darf nur etwa eine Linie tief eingesteckt werden und überhaupt nicht fest gehen.

Fig. 125.



Füllt man das Gefäß mit Wasser und schlägt den kleineren Kork rasch hinein, so wird der größere mit Gewalt herausgeworfen. An einem zweiten Gefäße kann man beide Oeffnungen nach oben richten lassen. Noch einfacher ist es, an einem solchen Gefäße statt der zweiten weiten Röhre bloß zwei kleine Oeffnungen, seitwärts und oben, anzubringen und sie leicht mit Wachs zu verstreichen, um das Wasser durch Eintreiben des Stöpsels herauszupressen zu machen.

Hat man sich eine wirkliche hydraulische Presse angeschafft, so wird man in den Fall kommen, die Lederdichtung durch einen neuen Ring ersetzen zu müssen. Man muß dazu drei eiserne Ringe haben, so daß der innere Durchmesser des größeren gleich ist dem äußeren Durchmesser des Lederringes; bei dem zweiten müssen Durchmesser und Dicke des Ringes gleich sein dem zwischen beiden Lederringen zu erzeugenden Raume *a*, Fig. 126;

Fig. 126.



der dritte endlich ist ein massiver Cylinder gleich dem inneren freien Raume oder dem Kolben. Man nimmt starkes Zeugleder, macht dasselbe durch Reiben in warmem Wasser recht weich und preßt sodann den zweiten Ring über den innersten, indem man die entstehenden Leder-

falten niederarbeitet und das Leder streckt und zieht. Man weicht dann das Leder ohne Entfernung der Ringe wieder ein, hält die beiden inneren Ringe durch einen darauf gesetzten Holzcyliner und eine Schraubzwinge nieder, setzt den äußeren Ring auf und preßt ihn unter beständigem Ziehen und Drücken ebenfalls herunter. Man läßt das Ganze stehen, bis das Leder ziemlich trocken ist, worauf man es öffnet, das Leder mit Thran und Talg bestreicht, und die Ringe wieder einpreßt; das übrige Leder wird jetzt abgeschnitten, und man wartet das vollständige Trocknen des Leders ab, ehe man die Ringe entfernt.

78 **Der anatomische Heber.** Man läßt vom Blechner ein zweischenkliges Gefäß *AB*, Fig. 127, von Blech anfertigen, dessen weiterer Schenkel einen etwas starken Rand hat. In den engeren kittet man eine Glasröhre von beliebiger Länge; den weiteren überbindet man mit einer frischen Thierblase,

nachdem
mäßiges



fü

de

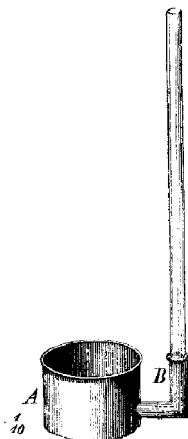
falls lei
rund zu
so zusam
der bilde



sende Le
der Ste
was au
Schwein

nachdem er vorher eben voll Wasser gemacht wurde. Man entfernt durch allmähliges Auflegen der Blase alle Luft zwischen ihr und dem Wasser; sollte sie

Fig. 127.



nun auch etwas eingesunken sein, so gießt man, nachdem einige Umwicklungen mit einer Schnur gemacht sind, in den engeren Schenkel so viel Wasser, daß die Blase wieder gehoben wird, und zieht dieselbe unter den ersten paar Gängen der Schnur straff an, bevor man sie vollständig festbindet. Füllt man nun Wasser in die enge Röhre, so wird durch dessen Druck die Blase ausgedehnt und aufgetrieben, so daß man den Verlauf der sich kreuzenden Muskelfasern, wie eben an jeder straff aufgetriebenen Blase, deutlich sehen kann. Legt man ein Brettchen auf die Blase, so kann man auf dieses ein der Weite der Röhre *A* und der Höhe des Wassers in *B* entsprechendes Gewicht legen. Sticht man die Blase mit einer Nadel an, so springt das Wasser hervor, jedoch erhält man keine Sprunghöhe, die im gehörigen Verhältnisse zur Druckhöhe steht, da die Oeffnung zu klein ist.

Für die Anwendung von Gewichten ist aber

der hydrostatische Blasebalg viel geeigneter und kann ebenfalls leicht angefertigt werden. Man läßt zwei Bretter aus hartem Holze kreisrund zuschneiden und einen etwa 5 Zoll breiten Streifen aus gutem Rindsleder so zusammennähen, daß er um die beiden Bretter als Grundflächen einen Cylinder bildet, Fig. 128. Das eine Brett wird nahe am Rande mit einem konischen

Fig. 128.

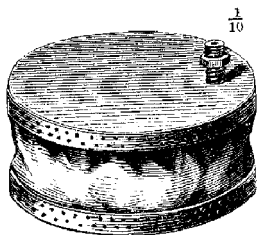


Fig. 129.



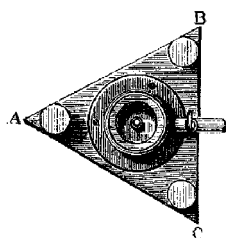
Boche versehen, wozu die Kistler eigene Bohrer haben, um in dieses später eine messingene Schraube (Fig. 129 in größerem Maßstabe) einschrauben zu können. Das Holz wird zuerst mit fetter Oelfarbe angestrichen, dann das Knapp paß-

fende Leder darüber gestreift und vorläufig durch ein paar Stifte befestigt. An der Stelle der Naht, welche einwärts gerichtet wird, schneidet man das Holz etwas aus und legt in die Fuge eine Mischung aus gleichen Theilen Wachs und Schweinefett, womit man, aber im warmen flüssigen Zustande, auch das Leder

vorher einschmiert. Man nimmt nun einen hinreichend langen und so breiten Lederstreifen, als die Bretter dick sind, legt ihn auf das eigentliche Leder und nagelt beide Lederstücke durch eine doppelte Reihe dicht geschlagener Nägel an die Bretter, wo besonders die Stelle der Naht wohl zu berücksichtigen ist. Später schraubt man das Messingstück Fig. 129 mit seiner etwas konischen Schraube *b* in das Loch des oberen Brettes, und auf dasselbe kann man bei *a* eine Glasröhre schrauben, wie *RS* in Fig. 123. Man füllt durch die Oeffnung der Schraube den Blasebalg mit Wasser, setzt dann die Röhre bei *a* auf und legt auf den oberen Boden ein beliebiges bekanntes Gewicht. Das Wasser steigt in der Röhre, und aus seinem Steigen sowie aus dem Durchmesser des Bodens kann man die Größe des Gewichts als Gegenprobe ebenfalls berechnen. Es muß nämlich das aufgelegte Gewicht gleich sein dem Gewichte einer Wassersäule von dem Durchmesser des Bodens und der Höhe, um welche das Wasser in der Röhre gestiegen ist.

80 Druck auf den Boden. Außer dem Galvat'schen Apparat dürfte auch der Apparat von Pascal hierfür sehr empfehlenswerth sein, weil er geeignet ist, den Druck direct durch Gewichte zu messen. Seine Einrichtung wird auf folgende Weise zu den Versuchen bequem.

ABC, Fig. 130, ist ein dreieckiges Brettchen mit Stellschrauben, auf welchem der metallene Cylinder *D*, Fig. 131, steht, der wohl ausgeschliffen ist und einen metallenen, leicht beweglichen, aber wasserdicht schließenden Kolben *E* enthält, von solcher Dike, daß er ganz unterhalb des Hahns *F* Platz findet. Im Boden des Cylinders ist eine Oeffnung für den Luftzutritt, weil sonst der Kolben nicht beweglich wäre. Der Kolben hat eine Haste, um ihn mittelst eines Drahtes an der einen Seite der gewöhnlichen Wage anzuhängen, während der Apparat auf dem Experimentir-Tische steht. Auf den Cylinder *D* können mittelst der messingenen



Fassungen *g, g, g* die gläsernen Gefäße *HH*, Fig. 131, 132 und 133, von beliebig verschiedener Form, aber nahezu gleicher Höhe aufgeschraubt werden. Die vollkommen gleiche Höhe derselben über dem Standbrettchen wird an jedem durch einen Nichtstrich bezeichnet, den man mittelst irgend eines metallenen Scheibchens — eines an ein Holzfutter gekitteten Kupferkreuzers — und Smirgels an jeder Drehbank aufschleifen oder mittelst einer Feile und Terpentinöl einzeichnen kann.

Beim Gebrauche hängt man zuerst den heraus genommenen Kolben *E* an seinem Drahte frei an die Wage, um denselben zu tariren; er wird sodann zu-

rückgebrac
die Wage

Haken de
zontal ste
Wasser ei
wicht, als
kann man
bei welche
geringe D
schließen,
fett, sonde
unter dem
welches f
den Boden
H aufgesch
diesen W
der Flüssig
forderlich
Stande d
Vorwärts
Cylinder
schale gie
der Wass
Falle m
anhängt,

rückgebracht und das gleichweite Gefäß *H* aufgeschraubt, der Kolben wieder an die Wage gehängt und das Brettchen *A B C* senkrecht unter den betreffenden

Fig. 131.

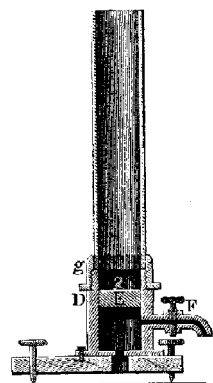
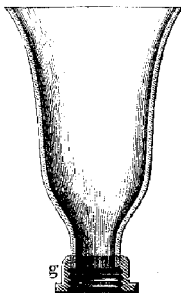


Fig. 132.

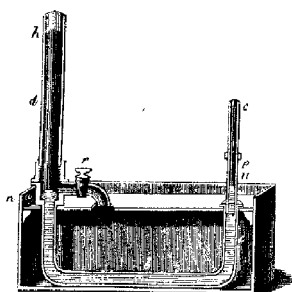


Fig. 133.



Haken derselben gestellt. Der Draht muß so lang sein, daß die Wage horizontal steht, wenn der Kolben sich über dem Hahn *F* befindet. Man füllt nun Wasser ein bis an den Nichtstrich und legt in die andere Wagschale so viel Gewicht, als nöthig ist, um die Wage im Gleichgewichte zu erhalten. Allenfalls kann man das Gewicht suchen, bei welchem der Kolben zu sinken anfängt und bei welchem er wieder steigt, um daraus das Mittel zu nehmen und die sehr geringe Reibung zu eliminiren. Der Kolben erhält kein Fett, er muß für sich schließen, und wenn dieses nicht ganz der Fall wäre, wenigstens kein Schweinefett, sondern Del. Man hängt sodann den Draht aus, läßt den Kolben bis unter den Hahn *F* sinken und entfernt das Wasser durch *F*. Dasselbe Gewicht, welches für den gleichweiten Cylinder nöthig war, wird auch dem Druck auf den Boden Gleichgewicht halten, wenn ein anderes beliebig geformtes Gefäß *H* aufgesetzt wird. Einen Versuch, die Reibung zu eliminiren, kann man bei diesen Gefäßen nicht anstellen, da sich mit der Bewegung des Kolbens die Höhe der Flüssigkeitssäule ändert. Man kann auch so verfahren, daß man das erforderliche Gegengewicht aus dem Durchmesser des Bodens und dem bekannten Stande des Kolbens unter dem Nichtstrich (wenn die Wage horizontal steht) im Voraus berechnet. Ist das eine Gefäß wirklich von gleicher Weite mit dem Cylinder, so kann man auch das darin befindliche Wasser in die andere Wagschale gießen, um zu zeigen, daß wirklich der Druck auf den Boden dem Gewichte der Wassermasse gleich ist, welche im gleichweiten Cylinder war. In diesem Falle muß man aber auch das Gewicht der anderen Wagschale, die man erst anhängt, um das Wasser einzugießen, nicht übersehen.

Der Apparat von Haldat beruht auf dem Gesetze des Gleichgewichtes verschiedener Flüssigkeiten in communicirenden Gefäßen, und erlaubt daher nur einen mittelbaren Schluß auf den Bodendruck. Er ist in Fig. 134 abgebildet. In einem Kasten von Blech ist



die gebogene Glasröhre *abc* befestigt, welche einerseits sich über den Kasten hinaus erhebt, andererseits in eine Fassung von Eisen endet, an der sich der Hahn *r* befindet; diese Röhre wird bis nahe zum Hahn mit Quecksilber gefüllt. Auf die eiserne Fassung kann man nun das cylindrische Gefäß *d* anschrauben, dasselbe mit Wasser füllen, und durch die verschiebbare Marke *p* am anderen Schenkel bezeichnen, wie hoch durch den Druck des Wassers das Quecksilber gestiegen ist.

Entleert man das Wasser durch den Hahn *r* und schraubt statt des cylindrischen Gefäßes solche wie Fig. 132 und 133 auf, so wird das Quecksilber immer wieder bis *p* steigen, wenn man sie eben so hoch mit Wasser füllt wie *d*. Da jedoch die Gefäße, welche an die Stelle von *d* geschraubt werden, nie hoch sind und man das Quecksilber in der communicirenden Röhre nur bis zur Seitenröhre reichen lassen darf, so ist es zweckmäßig, in den Schenkel *n* auf das Quecksilber ein paar Tropfen gefärbtes Wasser als Index zu gießen.

81 Der Aufdruck des Wassers. Zu diesem Versuche kann man jedes etwas weite Lampenkaulin verwenden, gleichviel ob es gekröpft ist oder nicht. Man schleift seinen unteren Rand auf einer Glasplatte mit Goldsand und zuletzt mit geschlammtem Smirgel eben. Als Bodenplatte kann man ein Stück Spiegelglas nehmen, welches man vom Glaser in der erforderlichen Größe rund schneiden läßt und dann auf einem anderen Spiegelglas mit feinem Smirgel matt schleift; ein Faden wird mit Siegelack ange kittet. Eine gläserne Bodenplatte hat aber den Nachtheil, daß man den Faden leicht losreißt; man macht daher dieselbe lieber von Messing. Eine zugrundete Messingplatte wird auf der Drehbank mit Siegelack concentrisch an ein Stück Holz gefittet, rund und eben gedreht und dann noch eben geschliffen, wobei das Futter, in welchem das Holz steckt, als Handhabe dient. Ist dieses geschehen, so bohrt man in die Mitte ein Loch, versieht es mit einem Gewinde und richtet einen Haken hinein. Allenfalls kann man den Haken, statt ihn einzuschrauben, nach dem Herunternehmen der Platte auf deren Rückseite vernieten. Will man aber saubere Arbeit, so kittet man die Platte nun noch einmal mit der geschliffenen Seite auf,

dreht an
Schellack
Bei
der Glas
Glasröh
man Wa
Falle ein
außerhalb
kittet man
welche d
Apparat



ab, F
unter d
festigt

Jeder
den S
daß sie
darum

dreht auch die Rückseite ab und firnigt sie sodann auf der Drehbank mit Schellack.

Bei dem Versuche wird kein Fett zwischen die Bodenplatte und den Rand der Glasröhre gebracht, weil sonst die Platte bei allmählichem Herausheben der Glasröhre aus dem Wasser nicht von dieser wegfallen würde, ebenso wenig wenn man Wasser eingießt, um dieses zu bewirken, es sei denn, man wende in letzterem Falle einen Ueberdruck an, d. h. man stelle das Wasser in der Röhre höher als außerhalb derselben. Will man den Apparat dauerhafter und schöner haben, so kittet man an die Glasröhre Fassungen von Messing und schleift die eine davon, welche dann etwa 2 bis 3 Linien dick genommen wird, eben. Fig. 135 zeigt den Apparat in dieser Form und zugleich die Anstellung des Versuches *).

Fig. 135.

Fig. 137.

Fig. 138.

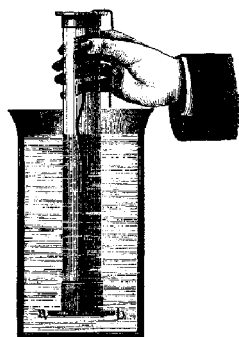
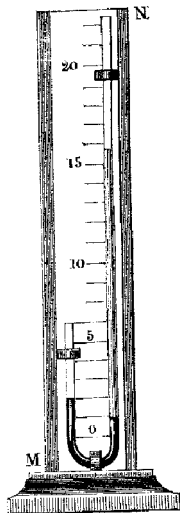
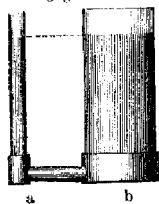


Fig. 136.



Communicirende Gefäße. Man läßt in einen Fuß von Blech 82 *ab*, Fig. 136, zwei ungleichweite Glasröhren kitten, wovon die engere nicht unter 4 bis 5 Linien weit ist. — Um Quecksilber und Wasser anzuwenden, befestigt man auf ein mit Papier bezogenes Brettchen *MN*, Fig. 137, eine gebo-

*) Alle diese Versuche beweisen freilich im Grunde immer nur dasselbe Gesetz. Jeder Lehrer aber wird schon die Erfahrung gemacht haben, wie schwierig es ist, in den Schülern die richtige Vorstellung vom Druck des Wassers so deutlich zu machen, daß sie im Stande sind, sie in einem gegebenen Beispiele richtig anzuwenden. Es ist darum gar nicht überflüssig, dieses Gesetz nach allen Richtungen durch Versuche zu verfolgen.

gene beiderseits offene, etwa 3 Linien weite Glasröhre, nachdem man eine Theilung in Zolle und Linien auf dasselbe aufgetragen hat. Zuerst kommt Quecksilber in die Röhre, sodann durch einen feinen Trichter Wasser in den längeren Schenkel. Die Höhe, um welche nachher das Quecksilber in einem Schenkel höher steht als im anderen, verhält sich zur Höhe der Wassersäule umgekehrt wie die specifischen Gewichte. Auch der umgekehrte Versuch ist belehrend, wenn man nämlich in zwei oder mehr mit einander verbundenen Röhren, welche in verschiedenen Flüssigkeiten stehen, zugleich einen luftverdünnten Raum erzeugt, wo dann die Flüssigkeiten auf den specifischen Gewichten umgekehrt proportionale Höhen gehoben werden. Am einfachsten geschieht dies nach Mohr dadurch, daß man, wie in Fig. 138 (a. v. S.), zwei Glasröhren mittelst Kork in einen Kautschukbeutel bindet, den Beutel vorher ausdrückt und es ihm dann überläßt, die Flüssigkeiten aus den untergesetzten Gefäßen anzuziehen. Scalen kann man auf die Röhren selbst mit Tusch auftragen, da es hier nicht auf große Genauigkeit ankommt; denn zu wirklichen Bestimmungen des specifischen Gewichtes, wofür man ähnliche Einrichtungen unter den Namen von Panhydrometer, Hydroklimax u. vorge schlagen hat, sind sie wohl nie zu empfehlen und auch nie in Gebrauch gekommen.

- 83 Schwimmende Körper.** Zur Darlegung des Gesetzes, daß bei Körpern, welche in Wasser untergetaucht sind, der Schwerpunkt des Körpers, wenn er nicht mit jenem des verdrängten Wassers zusammenfällt, tiefer liegen müsse als dieser, kann man sich an einen Kork ein Stück Blei angießen und dieses so richten, daß das System gleiches specifisches Gewicht hat mit dem Wasser, was ziemlich leicht zu erreichen ist, aber nur dann bleibt, wenn man einen sehr reinen Kork ausgesucht hat, der nicht so leicht durch Austreten von Luftblasen und Eindringen von Wasser schwerer werden kann. Um aber zu zeigen, daß bei auf dem Wasser schwimmenden Körpern der Schwerpunkt des Körpers nicht nothwendig tiefer liegen müsse als der Schwerpunkt des verdrängten Wassers, daß aber dennoch seine Lage keine willkürliche sei, kann man sich sehr zweckmäßig zweier elliptischer Walzen bedienen, und zwar einer aus möglichst leichtem Holze und einer aus einem großen Kork von $\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll Durchmesser geformten. Solche Walzen haben nur stabiles Gleichgewicht, wenn die kleine Axe der Ellipse senkrecht ist. Man kann auch die Stelle des Metacentrums auf der Grundfläche bestimmen, wenn man sich beim Unterrichte so weit einläßt. Daß aber überhaupt unter gewissen Umständen bei auf dem Wasser schwimmenden Körpern zwei Gleichgewichtslagen möglich sind, kann man leicht durch folgenden Versuch zeigen. Durch einen etwas großen Kork, den Fig. 139 in halber Größe zeigt, steckt man in der Mitte zwischen Mittelpunkt und Rand einen dicken Messingdraht oder einen Bleicylinder durch, und ihm gegenüber nahe am Rand einen dünneren; wenn

die Verhält
wenn der
Sollte der



fällt es u
die Röhre
fer, der in
einem tar
wichte des
Stück H
kann auch
hineinlege
Wage stel
beiden W
sollen, we

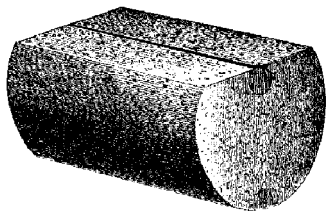
Ge

fration d
Er besteh
Bügel an
ven oder
gehängt
der werd
pfündlich
aufgehäu
Sekt n
müßte,
voll Was
Fließpap
Blechne
fein und

die Verhältnisse richtig getroffen sind, so kann der Kork stabil schwimmen, auch wenn der dicke Draht oben ist, schaukelt man ihn aber zu stark, so schlägt er um. Sollte der dicke Draht zu schwer sein, so kann man durch Abschneiden des Korkes und Befestigen des Drahtes helfen.

Fig. 139.

Bei dem Korte in Fig. 139 wiegt der dicke Draht 33 und der dünne 10 Granme.



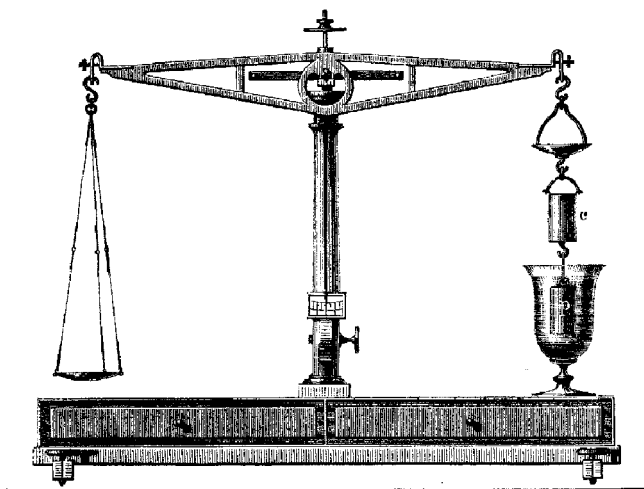
Für die Demonstration des Sazes, daß jeder Körper so tief einsinke, bis die verdrängte Flüssigkeit so viel wiege als der ganze Körper, nimmt man ein Blechgefäß von 2 bis 3 Zoll Weite, das oben eine seitliche Ausflußröhre hat, und füllt es mit Wasser, bis übriges Wasser abläuft. Ist das übrige Wasser durch die Röhre ausgestossen, so legt man einen möglichst großen Körper in das Wasser, der in demselben schwimmt, und fängt das neuerlich ausfließende Wasser in einem tarirten Gefäße auf; sein Gewicht ist dann dem vorher bestimmten Gewichte des eingetauchten Körpers gleich. Als einzutauender Körper dient ein Stück Holz oder noch besser eine hohle gehörig beschwerte Glasugel. Man kann auch das Gefäß, wenn es mit Wasser gefüllt ist, tariren, dann den Körper hineinlegen und nach dem Abfließen des verdrängten Wassers wieder auf die Wage stellen; das Gefäß wiegt noch so viel wie vorher. Es gehört aber zu beiden Versuchswesen große Sorgfalt, wenn sie einigermaßen genau eintreffen sollen, weil es schwer hält, das Gefäß beide Male gleich voll zu erhalten.

Gewichtsverlust untergetauchter Körper. Zur Demon- 81

stration dieses Sazes bedient man sich des in Fig. 140 (a. f. S.) abgebildeten Apparats. Er besteht im Wesentlichen aus einem hohlen Cylinder *c*, der oberhalb an einem Bügel aufgehängt werden kann und unterhalb ein Häkchen hat, und dem massiven oder doch überall verschlossenen Cylinder *p*, der mittelst eines Fadens an *c* gehängt wird; *p* muß gerade die Höhlung von *c* ausfüllen. Die beiden Cylinder werden nun an die eine Seite einer gewöhnlichen Wage (von so viel Empfindlichkeit als die Wagen des Kaufmanns) nach Entfernung der einen Wagtschale aufgehängt und es wird durch zugelegte Gewichte das Gleichgewicht hergestellt. Setzt man sodann ein Glas Wasser unter, so daß *p* in dieses untertauchen müßte, so wird das Gleichgewicht gestört und tritt erst wieder ein, wenn *c* eben voll Wasser gemacht wird; es geschieht letzteres am besten dadurch, daß man mit Fließpapier das überflüssige Wasser aufsaugt. Die beiden Gefäße können vom Blechner gemacht werden, ihre Ränder müssen aber scharf an einander geföhnet sein und nicht über einander gehen. Besser werden sie freilich, wenn sie aus

Zinn oder Messing gemacht und abgedreht werden, wo man dann p genau in c einpassen kann.

Fig. 140.



Einen anderen sehr instructiven Versuch kann man mit dem gleichen Apparate auf folgende Art anstellen. Auf der einen Wagschale wird ein mit Wasser nicht ganz gefülltes Glas tarirt, während an der anderen Wagschale oder ihrem Haken das Gefäß c aufgehängt ist; hängt man nun den Cylinder p an einem Faden, den man mit der Hand hält oder an dem Querarm irgend eines Stativs befestigt, frei in das Wasser, so wird das Gleichgewicht erst wieder hergestellt, wenn der Cylinder c eben mit Wasser gefüllt wird; doch muß p hierfür massiv sein, weil er sonst vielleicht nicht untertauchen würde.

- 85 **Die Cartesianischen Taucher.** Zur Erläuterung des einschlagenden Gesetzes ist eine hohle Glasugel von etwa $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser, die einerseits noch ein Röhrchen mit einer etwa $\frac{1}{4}$ Linie weiten Oeffnung hat, viel zweckmäßiger als die gewöhnlichen, aus undurchsichtigem gefärbten Glase angefertigten Figuren. Das Füllen der Uugel, wie der Figuren, geschieht durch gelinde Erwärmung über der Weingeistlampe und nachheriges Untertauchen der Oeffnung; man bringt so mehr als das erforderliche Wasser hinein und entfernt durch Saugen wieder nach und nach soviel davon, bis die Uugel im Wasser wieder schwimmt und, wenn man zur Probe mit der Hand

eine Blase
Fingerdruck

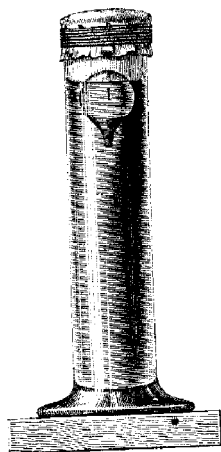
Haars i
wird alle
chen mit
man mit
pfündlich
Abwägen
des Kör
gemacht,
chen —
größeren
möglichst
vorher f

p' , so ist

System
K
deren a
Rechnu
verer K
Gewich
Z

eine Blase über das Gefäß spannt, wie in Fig. 141, durch einen mäßigen Fingerdruck auf die Blase zum Sinken gebracht wird; hierauf bindet man die

Fig. 141.



Blase erst über das Gefäß. Um den Apparat nicht jedesmal erst richten zu müssen, wenn man ihn brauchen will, versetzt man das Wasser mit Weingeist und bindet das Glas mit einer Kautschukplatte zu.

Bestimmung des specifischen Ge- 86

wichtes. a. Mit der Wage. Das Verfahren im Allgemeinen ist hinlänglich bekannt. Die beim Wägen selbst nöthigen Vorrichtungen sind bei dem Artikel Wage angegeben. Bindet man den Körper an, um ihn an dem Hütchen der kürzeren Wagschale in das Wasser zu hängen, so nimmt man hierzu möglichst feinen Draht oder, wenn es das Gewicht des Körpers erlaubt, ein mit Lauge entfettetes Menschenhaar. In jedem Falle muß das Gewicht des Haares oder Drahtes tarirt werden. Ein unvermeidlicher Fehler dieser Methode besteht darin, daß der Gewichtsverlust des

Haares im Wasser dem zu wägenden Körper angerechnet wird. Dieser Fehler wird allerdings vermieden, wenn man den zu untersuchenden Körper in ein Gläschen mit aufgeschliffenem Deckel legt, um ihn im Wasser zu wägen, ähnlich wie man mit pulverförmigen Körpern zu verfahren genöthigt ist. Allein die Empfindlichkeit jeder Wage nimmt mit der Belastung ab, der mögliche Fehler des Abwägens wird also größer und ganz allein auf den kleinen Gewichtsverlust des Körpers übertragen; dadurch wird wohl in der Regel ein größerer Fehler gemacht, als jener ist, den man vermeiden wollte. Bei pulverförmigen oder weichen — organischen Körpern — ist das Gläschen jedoch unvermeidlich. Bei größeren Massen von weicher Consistenz nimmt man eine Schale von Blech an möglichst dünnen Fäden, deren absolutes $= p$ und specifisches Gewicht $= s$ vorher für sich bestimmt wird. Ist dann das absolute Gewicht des Körpers p' , so ist sein specifisches $= \frac{ns - p}{sp'}$, wenn n der Gewichtsverlust des ganzen Systems ist.

Körper, welche leichter sind als Wasser, werden mit schwereren verbunden, deren absolutes und specifisches Gewicht ebenfalls voraus bestimmt wurde; die Rechnung ist dieselbe, d. h. man zieht den bekannten Gewichtsverlust des schwereren Körpers vom gefundenen Gewichtsverlust des ganzen Systems ab, um den Gewichtsverlust des zu bestimmenden Körpers zu erhalten.

Für tropfbarflüssige Körper wendet man entweder ein Gläschen mit auf-

geschliffenem Deckel, oder besser ein solches mit engem Halse und einem eingeschliffenen aus einer Thermometerröhre gemachten Pfropfen an. Im ersten Falle schleift man den Rand des Glases und den Deckel zuerst einzeln mit Sand und Wasser auf einer ebenen Glasplatte; wenn der Sand überall gleichmäßig angegriffen hat, nimmt man geschlännten Smirgel, um beide fein matt auf einander selbst abzuschleifen. Soll ein Stöpsel eingeschliffen werden, so wird zuerst der Hals des Gläschens mit einem konischen Messingzäpfchen auf der Drehbank roh ausgeschliffen, dann die an der Lampe konisch ausgezogene Glasröhre in einem Holzfutter auf die Drehbank gebracht und in die Oeffnung unter beständigem Hin- und Herziehen mit Sand und Smirgel eingerieben. Die letztere Arbeit ist jedenfalls schwieriger als die erstere. Das Einschleifen kann auch von Hand geschehen. In jedem Falle muß man ein Glas auswählen, das keine überflüssige Masse an sich hat. Das Gewicht des leeren, sowie des mit Wasser von einer bestimmten mittleren Temperatur ($+ 12^{\circ}\text{N.}$) gefüllten Gefäßes wird ein- für allemal durch wiederholte Versuche genau bestimmt und auf einem dem Apparate beigelegten Zettel verzeichnet. Bei dem Versuche wird das Glas ganz gefüllt, die übrige Flüssigkeit muß durch die Oeffnung im Zapfen entweichen. Man kann sich auch eines Gläschens mit sehr engem Halse bedienen, auf dem ein Zeichen angebracht ist, bis zu welchem es gefüllt werden muß; übrige Flüssigkeit kann durch Fließpapier entfernt werden; dieses Verfahren ist aber aus verschiedenen Gründen nicht zu empfehlen.

Bei leicht verdunstenden Flüssigkeiten — wie Weingeist — ist das Glas mit weiter Oeffnung kaum anwendbar; es dringt nämlich die Flüssigkeit zwischen dem Gefäße und dem Deckel durch und verdunstet an dem großen Umfange reichlich; in Folge dessen bilden sich bald kleine Bläschen an der inneren Wand des Gefäßes, und man muß, wenn man die Wägung beinahe vollendet hat, immer wieder Gewicht abnehmen. Besitzt man daher kein Gläschen mit engem

Fig. 142.

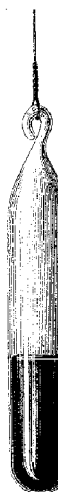


Halse, so verfährt man besser so, daß man einen in der Flüssigkeit nicht auflösbaren Körper in dieselbe und in Wasser abwägt, wodurch man sehr genaue Resultate erhält. Am besten eignet sich hierzu ein massives Glasstück, oder auch eine hohle Glasugel von etwa 1 Zoll Durchmesser, Fig. 142, die man vor dem Aufschmelzen mit etwas Quecksilber beschwert hat; an der Kugel kann man einen Haken umbiegen; statt der Kugel kann man eine eben so zugerichtete, etwa $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll lange und

$\frac{1}{8}$ Zoll weite Glasröhre anwenden, wie Fig. 143. Zum Aufhängen nimmt man Platindraht, um auch Säuren bestimmen zu können. Man kann nun das Gewicht der Kugel in der Luft und ihren Gewichtsverlust in Wasser für eine bestimmte Temperatur suchen und dem Apparate beilegen, so daß man für jede zu bestimmende Flüssigkeit nur eine Wägung zu machen hat. Sehr bequem ist

es, wenn gerade tari-
die kürzere
Man muß
tauchenden
des specif.
Reinigung
heriges M.
Beziehung

Fig. 143.



werden an-
ist es sehr
kommen,
stellten F-
unter brin-
für tropf-
gemacht,
denn son-
Wenn da-
naß gewo-
sparen, s-
verhinder-
durch ein

es, wenn man zugleich ein Stück Blei richtet, welches die Kugel in der Luft gerade tarirt; ist dieselbe dann in eine Flüssigkeit eingetaucht, so giebt das auf die kürzere Waagschale zuzulegende Gewicht unmittelbar den Gewichtsverlust an. Man muß in jedem Falle dafür sorgen, daß keine Luftbläschen an dem einzutauchenden Glasstücke hängen bleiben, eine Vorsicht, die auch bei der Bestimmung des specifischen Gewichtes der festen Körper wohl zu beachten ist. Sorgfältige Reinigung des einzutauchenden Körpers, nöthigenfalls mit Weingeist, und vorheriges Benetzen desselben in einer anderen Portion Flüssigkeit führen in dieser Beziehung am sichersten zum Ziele. Diese Methode hat zugleich den Vortheil,



Fig. 143.



Fig. 144.



Fig. 145.

daß man nur sehr kleine Quantitäten der Flüssigkeiten braucht, was sehr oft besonders zu beachten ist. Für ganz kleine Quantitäten wird auch mitunter das Abwägen in einer Pipette, wie Fig. 144, vorgenommen, welche man durch Aufsaugen füllt; da dieselbe nach dem Gebrauche nicht mehr gereinigt werden kann, so muß für jede Flüssigkeit eine neue Pipette verwendet werden.

b. Mit dem Nicholson'schen Aräometer. Einrich-

87
tung des Instrumentes und Gebrauch desselben im Allgemeinen werden auch hier als bekannt vorausgesetzt. Was die Einrichtung betrifft, so ist es sehr zweckmäßig, wenn das Sieb, in welches die Körper beim Abwägen kommen, auch verkehrt angehängt werden kann, was bei der in Fig. 145 dargestellten Form möglich ist, damit man Körper, die leichter sind als Wasser, dar- unter bringen kann. Wenn man nicht gerade beabsichtigt, das Aräometer auch für tropfbare Flüssigkeiten zu gebrauchen, so wird es von dünnem Messingblech gemacht, wobei darauf zu sehen ist, daß der Körper desselben bei *a* konisch wird, denn sonst findet bei einigem Ubergewicht ein zu plötzliches Einsinken statt. Wenn das Instrument einmal bis an das Schälchen *b* eingesunken, dieses also naß geworden ist, so muß es abgetrocknet werden; um sich diese Mühe zu ersparen, sowie um das Anhängen des Instrumentes an die Wände des Glases zu verhindern, legt man auf den Rand des letzteren, und unter dem Schälchen *b* durch einen gabelsförmig gebogenen Draht, Fig. 146.

Von der Feinheit des Stiftes *c* hängt die Empfindlichkeit des Instrumentes ab; um denselben daher möglichst dünn nehmen zu können, wird er aus hart gezogenem Messingdrahte gemacht, in den Körper des Instrumentes eingeschraubt und nur der luftdichten Verschließung wegen mit leichtflüssigem Lothe eingelöthet. Die Marke in der Mitte des Stiftes besteht aus einem ringsum laufenden feinen Feilstrich.

Körper, Schälchen und Sieb werden gleichweit gemacht, um sie in demselben Futteral aus Pappe verwahren zu können. Sieb und Kugel kommen dabei in eine besondere Abtheilung. Man muß die Verhältnisse nach der Dicke des Messingblechs so wählen, daß das Instrument im leeren Zustande noch nicht bis an den oberen Rand einsinkt und beim Einsinken bis an die Marke die Gränze des stabilen Gleichgewichtes beinahe erreicht wird, damit man die dem Volumen entsprechende größte Tragfähigkeit erlange; für die in der Figur angegebenen Dimensionen wird dieses erreicht, wenn das verwendete Messingblech auf den Quadrat-Centimeter nicht über 0,5 Gramm wiegt (man nennt solches Sechsebug im Handel), es wird noch etwas dünner, weil das fertige Instrument mit Bimsstein auf der Drehbank bearbeitet wird. Will man die Mittel nicht aufwenden, um ein messingenes Instrument anzuschaffen, so kann man sich, nach Telskamp, ein solches aus einem Medicinglase machen. Man füllt hierzu den konischen Eindruck des Bodens zum Theil mit Siegelack aus und steckt in dieses den Draht mit dem Schälchen; darauf wird das Glas mit soviel Schrot gefüllt, daß es auch bei vollständigem Einsinken mittelst aufgelegten Gewichtes noch aufrecht schwimmt und, wenn dieses erreicht ist, der Kork eben geschnitten und mit Siegelack überzogen. Fig. 147 zeigt ein solches Aräometer. Beim Wägen der Körper im Wasser kommen diese in die noch übrige Vertiefung des Bodens.

Fig. 147.



Für jedes solches Instrument wird die Tara, d. h. das erforderliche Gewicht, um dasselbe bis zur Marke einsinken zu machen, bei einer bestimmten Temperatur genau ausgemittelt und aufgeschrieben; um das Gewicht des zu untersuchenden Körpers in der Luft und im Wasser zu finden, braucht man dann nur jene Gewichte, welche noch weiter erforderlich sind, um das Instrument bis zur Marke einzusenken, von der Tara abzuziehen.

Alle diese Instrumente sind mehr oder weniger träge, d. h. sie bleiben bei einem bestimmten Gewichte bis zu verschiedenen Tiefen im Wasser. Man richtet daher das Gewicht auf dem Schälchen so, daß die Gränzen, bis zu welchen das Aräometer eingetaucht bleibt, gleich weit über und unter der Marke liegen. Man erreicht dieses durch leichtes Drücken und Heben des Instrumentes.

Eine besondere Vorsicht muß man auf Entfernung der Luftblasen ver-

wenden, und festsetzen.

Soll leichter sein zeigt, und

Fig. 148.



gewogen auf eine fers — ausfühel

c.

terung d gleiche u schmelze unmerkli und besor bei Tem bis sie f Fig. 148 in 100 die Zah weg und sein mu dem ric

wenden, namentlich aus den Pöchern des Siebes, wo sie sich besonders gern festsetzen.

Soll ein Nicholson'sches Kräometer für Körper benutzt werden, welche leichter sind als Wasser, so hängt man nur das Sieb verkehrt an, wie Fig. 148 zeigt, und bringt den Körper unter das Sieb. Soll das Instrument für Flüssigkeiten benutzt werden, so hat man nur Gewichte aufzulegen, bis

es in der zu prüfenden Flüssigkeit bis an die Marke einsinkt. Sein Gesamtgewicht im unbelasteten Zustande wird ein- für allemal bestimmt und mit der Tara aufgeschrieben. In vielen Flüssigkeiten kann dieses Kräometer jedoch nur benutzt werden, wenn es von Glas ist; allein es verliert hierbei an Empfindlichkeit, weil dann der Stift zu dick genommen werden muß.



Bei allen diesen Versuchen wäre eigentlich die Beobachtung der Temperatur und die daraus folgenden Correcturen unerlässlich. Allein für den Unterricht nimmt man davon Umgang, da der daraus entspringende Fehler nicht leicht eine Einheit auf der zweiten Decimalstelle erreicht, und die Uebereinstimmung eines Versuchs mit einer Tabelle des specifischen Gewichtes für genannten Zweck genügend ist, wenn sie bis auf die zweite Decimalstelle geht. Anders verhält sich die Sache, wenn man einen genauen Versuch zu machen hat; in einem solchen Falle müssen die Temperaturen, bei welchen

gewogen wurde, genau bestimmt werden, um später das Resultat durch Rechnung auf eine bestimmte Temperatur — meist jene der größten Dichtigkeit des Wassers — zurückführen zu können. Die hierfür erforderlichen Formeln sind in jedem ausführlicheren Lehrbuche entwickelt zu finden.

c. Kräometer mit Scalen. Das Volumeter. Für die Erläuterung der Theorie des Instrumentes nehme man eine recht dünne, möglichst gleiche und etwa 1 Centimeter weite Glasröhre von 3 bis 4 Decimeter Länge, schmelze sie unten zu, drücke den Boden eben und weite den oberen Rand nur unmerklich aus, um ihm die Schärfe zu nehmen. Man setze dieselbe in Wasser und beschwere sie mit Schrot und etwas Wachs (besser als Siegellack, da letzteres bei Temperaturveränderungen gern ein Springen der Röhre herbeiführt) so weit, bis sie senkrecht schwimmt. Das noch über das Wasser hervorstehende Stück *ab*, Fig. 149 (a. f. S.), halbiere man in *c*, theile nun die Länge *cd* auf einem Papierstreifen in 100 Theile und setze diese Theilung auch noch fort für die Entfernung *a c*. Sind die Zahlen gehörig aufgeschrieben, so schneidet man die untersten 2 oder 3 Zehner weg und befestigt an die vier Ecken des Papierstreifens — der etwa halb so breit sein muß als der Umfang der Röhre beträgt — vier Siegellacktröpfchen; außerdem richtet man ein in die Oeffnung passendes dünnes Korkscheibchen, dessen

Rand ebenfalls mit Siegelack überzogen ist. Das Papier wird nun über eine Thermometerröhre geklammert und so weit in die Röhre geschoben, daß der hundertste Strich nach *c* kommt, und an dieser Stelle durch gelindes Erwärmen der Röhre an den Stellen, wo die vier Siegelacktröpfchen sich befinden, befestigt. Zuletzt legt man die Rorkscheibe auf und regulirt nun das unten in der Röhre befindliche Gewicht so, daß dieselbe, bei der schon vorher auf die Rückseite der Scale aufgeschriebenen Temperatur genau bis 100 im Wasser einsinkt, worauf das Gewicht bei *d* durch Erwärmen der Röhre mittelst des dazu gelegten Waxes eingeschmolzen und auch die Rorkscheibe mittelst des daran befindlichen Siegelacks auf gleiche Weise befestigt wird. Den für den Gebrauch erforderlichen Umfang wird man freilich so nie erreichen; aber wenn man zwei solche Volumeter macht, deren eines für Flüssigkeiten, die schwerer sind als Wasser, gilt, so erhält man schon einen ziemlichen Umfang. Für das Volumeter für schwerere Flüssigkeiten läßt sich die Scale direct machen, für das andere muß man eine Flüssigkeit bereiten, deren specifisches Gewicht, mit der Wage bestimmt, genau 0,8 ist; der Punkt, bis zu welchem das Volumeter in dieser einsinkt, ist 125, und man hat also die Scale vom Wasserpunkte an bis hierher in 25 Theile zu theilen und diese fortan gleich aufzutragen. Selbst aber so wird man noch ziemlich weite Röhren anwenden müssen und kleine Theile erhalten. Engere Röhren aber und größere Theile erfordern eine angeblasene Kugel, und es wird also hier, wie bei Aräometern überhaupt, wenig Anderes übrig bleiben als das Kaufen; denn nur durch längere Uebung im Glasblasen wird man dahin gelangen, daß man dergleichen Instrumente schön und drehend zu Stande bringt. Es wird sich daher hier vorzüglich darum handeln, wie man diese ohnehin nicht theuren Instrumente zu prüfen hat, und in dieser Beziehung hat das Volumeter nichts vor den übrigen voraus. Man muß nämlich mittelst der Wage oder nach einem anderen schon sicherem Instrumente das specifische Gewicht einer Flüssigkeit bestimmen und dann nachsehen 1) ob das neue Volumeter dasselbe Gewicht anzieht, 2) ob seine Theile alle genau gleich groß sind, und 3) ob es in reinem Wasser bis an den erforderlichen Theilstrich einsinkt. Wollte man sich auch noch darüber genauer versichern, ob die Röhre überall gleich dick ist, so müßte man sie mit mehreren Flüssigkeiten von bekanntem specifischen Gewichte vergleichen. So einfach das Volumeter in theoretischer Beziehung ist, praktisch ist es doch nicht und wird nie in Gebrauch kommen, da es jedesmal eine, wenn auch noch so einfache Rechnung erfordert und keine größere Genauigkeit verspricht als ein Aräometer, welches unmittelbar für specifisches Gewicht getheilt ist, und auch bei der Anfertigung gleich viel Arbeit macht wie jenes. Nur die Richtigkeit seiner Theilung ist etwas leichter zu controliren.



Allein flüß
Weise.

Prü

hältniß der
ziemlich ge
meter vor
errichtet m



fen auch

Di

nach den
Theilma
herstellen
altem De

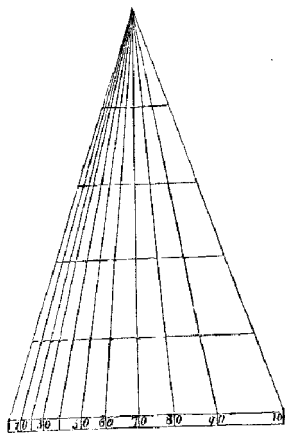


Erld

Alein für Aräometer mit ungleicher Theilung verfähret man auf folgende Weise.

Prüfung der Aräometer. Die Theilung derselben, d. h. das Ver- 89
hältniß der einzelnen Scalentheile zur ganzen Länge, folgt später; sie wird in
ziemlich großem Maßstabe, etwas größer, als es möglicherweise an einem Aräo-
meter vorkommen kann, auf starkes Papier aufgetragen. Ueber der ganzen Scale
errichtet man ein gleichschenkeliges Dreieck, Fig. 150, und zieht von jedem Theil-

Fig. 150.



punkte an die Spitze eine gerade Linie.

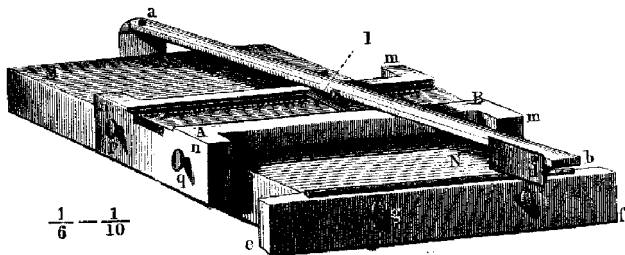
Soll nun eine Scale geprüft werden, so legt man sie nur parallel mit der Grundlinie so auf das Dreieck, daß seine beiden Seiten durch die Endpunkte der Scale gehen, und sämtliche Theilungen der Scale müssen mit der Theilung des Dreiecks zusammenfallen. Zu diesem Behufe zieht man schon im Voraus in kleinen Zwischenräumen Parallelen mit der Grundlinie des Dreiecks.

Fig. 150 zeigt dieses für ein Alkoholometer nach Tralles. Es ist hierbei aber zu bemerken, daß für diese Theilung die Scale nicht nur für die Zehner aufgetragen und dann innerhalb dieser gleich getheilt werden darf; wenigstens für die obere Hälfte müs-

sen auch die Einheiten nach ihrem richtigen Verhältnisse aufgetragen werden.

Die Theilmaschine. Die Theilung selbst wird von den Künstlern 90
nach demselben Principe gefertigt, und man kann sich sehr leicht eine derartige
Theilmaschine je nach Bedürfniß in größerer oder geringerer Vollkommenheit
herstellen. Ihre Einrichtung besteht in Folgendem. Auf einer soliden, aus
altem Holze gefertigten starken Platte *MN*, Fig. 151, dreht sich um den Zapfen *a*

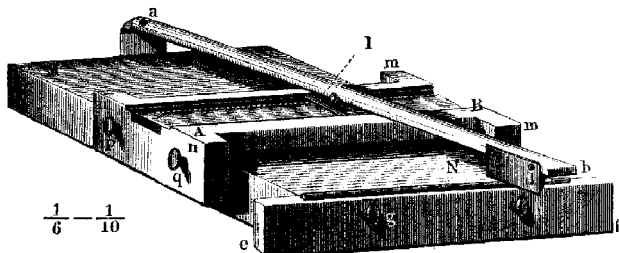
Fig. 151.



$$\frac{1}{6} - \frac{1}{10}$$

die hölzerne Schiene *ab*, welche an ihrem Ende *b* einerseits mit einer stählernen Lamelle *cd* versehen ist, die senkrecht zu *MN* steht. Auf der dem Zapfen *a*

Fig. 152.



gegenüberliegenden Seite ist die Leiste *ef* befestigt; sie hat einen
Fig. 153. Schlitz, in welchem mittelst zweier Schrauben *g, h* eine eiserne oder messingene Schiene befestigt werden kann. Solcher Schienen hat man mehrere, sie tragen alle auf ihrer langen Kante irgend eine der gebräuchlichen ungleichen Theilungen, eine ist auch in gleiche Theile getheilt.



Auf der Platte *MN* und unter der Schiene *ab* kann das Liniirbrettchen *AB* verschoben werden, es wird durch die beiden Führungsleisten *mm, nn* stets parallel zu *ef* gehalten und läßt sich an einer beliebigen Stelle durch die beiden Schrauben *p, q* feststellen. In dieses Brettchen ist das etwas breite, aber kurze eiserne Lineal *l* eingelassen und läßt sich in einer Nuthe mittelst der Schiene *ab* und eines auf *l* angelenkten Zäpfchens verschieben; es muß leicht gehen, aber doch sicher in seiner zu *ef* senkrechten Richtung erhalten werden. Unter dem Lineale befindet sich eine Vertiefung in *AB*, in welche die zu theilende Scale gelegt wird; diese Vertiefung ist in der Figur durch ein gut passendes Brettchen ausgefüllt, da hier nur von Papiersealen die Rede ist. Auf dem Lineale kann nun noch eine Vorrichtung angebracht werden, um die Theilstriche durch ein mechanisch geführtes Instrument aufzuzeichnen oder einzureißen, wenn die Arbeit sehr genau und schnell gehen soll.

Soll nun ein Instrument getheilt werden, z. B. ein Alkoholometer nach Tralles, so richtet man seine Belastung so ein, daß es in Wasser bis *a*, Fig. 153, einsinkt, nachdem bereits das Papier mit seinem Siegelack in die Röhre geschoben ist. Die approximative Länge der Röhre wird durch einen vorläufigen Versuch ermittelt. Sodann nimmt man Weingeist von einem bekannten specifischen Gewichte und

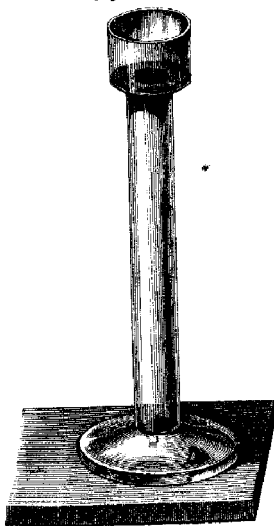
sieht auf d
das Ardon
z. B. 80p
Stüffigkeit
ten Thern
menen Be
maschine
bracht, da
rade den
rückt soda
klappt, fü
Papier a
fen in di
Röhre oh
lung des
instrume

D
der Sea
Alkohol
welches
bei +

sieht auf der zugehörigen Tabelle nach, von wieviel Procenten derselbe ist, setzt das Aräometer hinein und bezeichnet die Stelle, bis zu der es einsinkt; sei es z. B. 80procentiger Weingeist und c der Punkt. Die richtige Temperatur der Flüssigkeit wird durch den Nullpunkt des eingeschmolzenen, eigenthümlich graduirten Thermometers angegeben. Die Länge ac wird nun auf den herausgenommenen Papierstreifen getragen und dieser auf dem Lineirbrette AB der Theilmaschine in solche Entfernung von der (Tralles'schen) Messingschiene ef gebracht, daß, wenn man die Schiene ab von 0 bis 80 verrückt, das Lineal l gerade den Raum zwischen den beiden Strichen des Papiers durchläuft. Man rückt sodann ab wieder zurück, so daß cd in den mit 0 bezeichneten Einschnitt klappt, führt es von Theilstrich zu Theilstrich weiter und trägt jeden auf das Papier am Lineal l ab. Ist die ganze Theilung aufgetragen, so wird der Streifen in die Röhre zurückgebracht, seine Stellung nochmals controlirt und dann die Röhre ohne Glasverlust zugeschmolzen. Gewöhnlich bedient man sich zur Ausmittlung des beliebigen, doch etwas hoch liegenden Punktes c der Scale eines Normalinstrumentes, statt das specifische Gewicht des Probealkohols durch die Wage zu suchen.

Die Alkoholometer nach Tralles enthalten gewöhnlich außer 91 der Scale von Tralles noch eine zweite Scale, welche Gewichtsprocente des Alkohols angeben soll, und auf diese bezieht sich eigentlich das Thermometer, welches in die weite Röhre des Aräometers eingeschmolzen ist. Es hat sein 0 bei $+12\frac{1}{3}^{\circ}\text{R.}$ (60°F.) und seine einzelnen Grade betragen $2\frac{1}{4}^{\circ}\text{R.}$ Sie

Fig. 154.



sind so groß, daß wenn die Temperatur der Flüssigkeit um n solcher Grade höher oder tiefer ist als die Normale, das Instrument umgekehrt um n Richter'sche Grade tiefer oder höher stehen soll, als es bei normaler Temperatur stehen würde. Man liest also in einem solchen Falle zuerst die sonst nicht gebräuchliche Richter'sche Scale ab und sieht nach, welcher Grad nach Tralles dem gefundenen Richter'schen entspricht. Es wird jedoch dieses Thermometer gewöhnlich direct auf die Scale von Tralles bezogen.

Da diese Instrumente etwas lang sind, so muß man eigene hohe enge Cylinder für sie haben. Bequem ist es beim Ablesen, wenn die Cylinder nahezu voll sind, was aber leicht ein Ueberlaufen herbeiführt; eine Form wie Fig. 154 ist darum sehr zweckmäßig. Die gewöhnlich

beigegebene Richter'sche Scale beruht auf unrichtigen Voraussetzungen und stimmt in der That nicht mit den wahren Gewichtsprocenten, ist daher nur für die erwähnte Correctur brauchbar.

- 92 **Die Aräometer nach Beck, Beaumé und Cartier** haben ganz willkürliche Scalen mit gleich großen Graden. Sie können zwar mit Hilfe der dem folgenden Paragraphen angehängten Tabellen ebenfalls zur Ausmittlung des specifischen Gewichtes führen, sollten aber billigerweise allmählig aus der Praxis verschwinden. Ihre Aufertigung geht aus dem oben Gesagten leicht hervor, wenn man die ihnen zu Grunde liegenden willkürlichen festen Punkte kennt. Geprüft werden sie unter Beihülfe der erwähnten Tabellen am kürzesten mit einer Flüssigkeit, deren specifisches Gewicht bekannt ist.

Die Aräometer nach Beaumé sind auf folgende Weise angefertigt: Das eine, für Flüssigkeiten leichter als Wasser, hat 0 in einer Lösung von 9 Wasser und 1 trockenen Kochsalzes, 10 in reinem Wasser; der Zwischenraum ist in 10 gleiche Theile getheilt und solcher Theile sind noch 40 aufwärts aufgetragen. Das andere, für Flüssigkeiten schwerer als Wasser, hat 0 oben in reinem Wasser, und 15 da, wohin es in einer Lösung von 15 Theilen Kochsalz in 85 Theilen Wasser einsinkt; der Zwischenraum ist wieder in 15 gleiche Theile getheilt, und solcher Theile sind noch 70 nach unten aufgetragen. Die Temperatur soll „mittlere Lufttemperatur“ sein. Schon darum und wegen der Ungleichheit des Salzes sind solche Instrumente nicht sehr genau und geben, wie die folgenden, überhaupt das specifische Gewicht kaum bis auf die zweite Decimalstelle richtig an. Die unten folgende Tabelle ist nach Francoeur.

Die Aräometer von Cartier sind in ihren Fundamentalpunkten noch unsicherer, haben aber etwas größere Grade, auch liegt die ganze Scale um etwa $\frac{1}{4}^\circ$ tiefer; es sollen, nach Francoeur, 16° Cartier = 15° Beaumé + 22 tiefer sein.

Das Aräometer von Beck hat 0 in reinem Wasser und 30 beim specifischen Gewicht von 0,85 (Wasser = 1) und ist für + 10° R. verfertigt.

- 93 **Aräometer nach specifischem Gewichte.** Die Theilung der Aräometer für unmittelbare Angabe des specifischen Gewichtes war früher sehr umständlich und vielleicht gerade darum von den Verfertignen solcher Instrumente nicht geliebt. Sowie man aber aus der Volumeterscale *ab*, Fig. 155, wenn man in der Gleichung $y = \frac{100}{x}$ für *x* der Reihe nach die verschiedenen Angaben des Volumeters einsetzt, die specifischen Gewichte erhält, so kann man auch umgekehrt aus $x = \frac{100}{y}$ die Punkte der Volumeterscale *ab* finden, welche den specifischen Gewichten entsprechen — d. h. die Punkte eines Maßstabes, der in 80 Theile getheilt ist, die aber die Zahlen von 50 bis 130 tragen (weil die

unteren 3



mäßigen
gibt, das
cimalstell

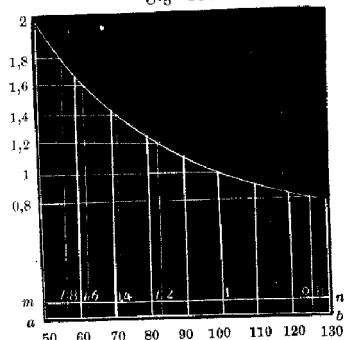
Im
Anfertigt
nach Tr

Alle
diese Bo
genau d
sehr un
denkt, d
scale nie
Auswah
daß der
so steht

D
nach sp
belle die
oder die
ten sch
4285
0,7 bis
Punkt
metern

*)
und der

unteren Zehner abgeschnitten sind), wo dann der Punkt 50 dem specifischen Gewichte 2,0, 100 dem specifischen Gewichte 1,0 entspricht. Rechnet man auf diese Weise die Theile des Maßstabes für die specifischen Gewichte 1,9; 1,8 u. s. w. bis 0,7, so erhält man als Theile des Maßstabes 52,63; 55,55; 58,81; 62,50; 66,66; 71,43; 76,92; 83,33; 90,90; 100,00; 111,11; 125,00; 142,85 *). Diese Tabelle muß aber für die specifischen Gewichte der zweiten Decimalstelle gerechnet werden. Man trägt sodann die verhältniß-



mäßigen Theile auf die Mutter-scale auf, indem man ihr eine solche Ausdehnung giebt, daß für die specifischen Gewichte von 2 bis 1 wenigstens die zweite Decimalstelle und von 1 bis 0,7 auch noch die dritte ausgezogen wird.

Immer wird auch hier die Scale auf zwei Kräometer vertheilt und die Anfertigung geschieht auf die gleiche Weise, wie sie bereits für die Alkoholometer nach Tralles gezeigt wurde.

Allerdings setzt dieses eine vollkommen cylindrische Röhre voraus, und da diese Voraussetzung nie genau richtig ist, so werden diese Kräometer nie ganz genau das specifische Gewicht angeben, es sei denn, man verfertigt sie nach der sehr umständlichen Brissou-Schmidt'schen Methode. Allein wenn man bedenkt, daß derselbe Uebelstand für alle anderen Kräometerscalen, die Volumeterscale nicht ausgenommen, vorhanden ist, und daß bei einiger Sorgfalt in der Auswahl immer für die Praxis ausreichend gute Röhren zu erhalten sind, und daß derjenige, welcher genaue Bestimmungen nöthig hat, doch zur Wage greift, so steht dem allgemeinen Gebrauche dieser Kräometer nichts im Wege.

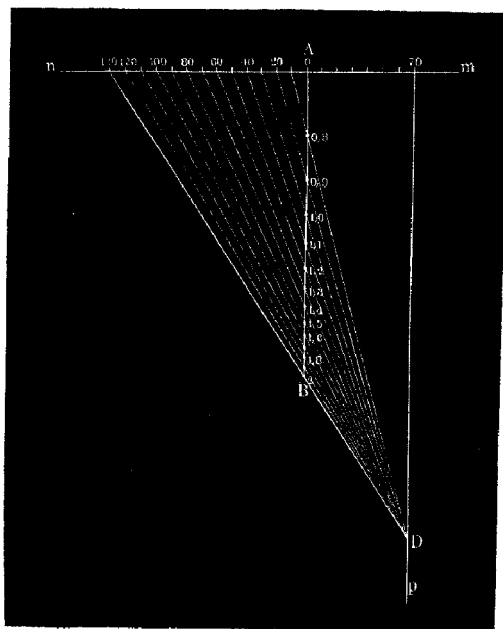
Die folgende Tabelle enthält die Entfernung der Theilstriche für Kräometer nach specifischem Gewichte und nach Tralles. Es wäre nach der ersten Tabelle die Scalenlänge, d. h. die Basis des gleichschenkligen Dreiecks, Fig. 150, oder die Länge der Schiene auf *ef*, Fig. 151, eines Kräometers für Flüssigkeiten schwerer als Wasser in 5000, und für Flüssigkeiten leichter als Wasser in 4285 Theile zu theilen, vorausgesetzt, daß die Kräometer von 1 bis 2 und von 0,7 bis 1 specif. Gewicht gehen sollen; die Tabelle giebt dann an, auf welchen Punkt dieser Theilung das bestehende specifische Gewicht kommt. Bei den Kräometern für Flüssigkeiten leichter als Wasser ist noch die Theilung für die dritte

*) Der Punkt 0,7 specif. Gewicht fällt also über den Strich 130 (80) hinaus und der Maßstab müßte noch verlängert werden, wenn die Scale bis 0,7 reichen soll.

Decimalstelle möglich; man theilt aber den Zwischenraum stets nur in gleiche Theile, da hierdurch kein merklicher Fehler entstehen kann, wie die Tabelle selbst zeigt, da sie für den äußersten Fall, nämlich von 0,70 bis 0,71, auch die Scalentheile für die dritte Stelle enthält.

Durch Construction findet man die Aräometerscale für specifisches Gewicht nach Schmidt auf folgende Weise: Es sei AB , Fig. 156, die Scale und sie

Fig. 156.



soß von 0,70 bis 2,00 reichen, also 130 Theilstriche erhalten; mn sei zu ihr senkrecht; man trage nun von A nach links 130 und nach rechts 70 Theile auf, ziehe rechts 70 p ebenfalls senkrecht zu mn , ziehe ferner 130 B und verlängere sie, bis sie die 70 p in D schneidet, worauf von D aus an die Theile von An die Linien gezogen werden, welche die Scalentheile auf AB abschneiden, wie die Figur zeigt.

Tabelle

Specif.
Gewicht

2,00
1,99
1,98
1,97
1,96
1,95
1,94
1,93
1,92
1,91
1,90
1,89
1,88
1,87
1,86
1,85
1,84
1,83
1,82
1,81
1,80
1,79
1,78
1,77
1,76
1,75
1,74
1,73
1,72
1,71
1,70
1,69
1,68
1,67
1,66
1,65
1,64
1,63
1,62
1,61
1,60
1,59
1,58
1,57
1,56
1,55
1,54
1,53
1,52

Tabelle für die Aräometerfcalen nach specifischem Gewicht.

Specif. Gewicht	Scalentheile von 5000.	Specif. Gewicht.	Scalentheile von 5000.	Specif. Gewicht.	Scalentheile von 5000.
2,00	0	1,51	1622	1,02	4803
1,99	25	1,50	1666	1,01	4900
1,98	50	1,49	1711	1,00	5000
1,97	76	1,48	1756		
1,96	102	1,47	1802		
1,95	128	1,46	1849	Specif.	Scalentheile
1,94	154	1,45	1896	Gewicht.	von 4285.
1,93	181	1,44	1944		
1,92	208	1,43	1993	1,00	0
1,91	235	1,42	2042	0,99	101
1,90	263	1,41	2092	0,98	204
1,89	290	1,40	2143	0,97	309
1,88	319	1,39	2194	0,96	416
1,87	347	1,38	2246	0,95	526
1,86	376	1,37	2299	0,94	638
1,85	405	1,36	2352	0,93	752
1,84	432	1,35	2407	0,92	869
1,83	464	1,34	2461	0,91	989
1,82	494	1,33	2518	0,90	1111
1,81	524	1,32	2575	0,89	1236
1,80	555	1,31	2633	0,88	1363
1,79	586	1,30	2692	0,87	1493
1,78	617	1,29	2752	0,86	1628
1,77	649	1,28	2812	0,85	1764
1,76	681	1,27	2874	0,84	1903
1,75	714	1,26	2936	0,83	2048
1,74	747	1,25	3000	0,82	2195
1,73	780	1,24	3064	0,81	2345
1,72	813	1,23	3130	0,80	2500
1,71	847	1,22	3196	0,79	2658
1,70	882	1,21	3262	0,78	2820
1,69	917	1,20	3333	0,77	2989
1,68	952	1,19	3403	0,76	3157
1,67	988	1,18	3474	0,75	3333
1,66	1024	1,17	3547	0,74	3513
1,65	1060	1,16	3620	0,73	3698
1,64	1097	1,15	3695	0,72	3888
1,63	1134	1,14	3771	0,71	4084
1,62	1172	1,13	3849	0,709	4104
1,61	1211	1,12	3928	0,708	4124
1,60	1250	1,11	4009	0,707	4144
1,59	1289	1,10	4090	0,706	4164
1,58	1329	1,09	4174	0,705	4184
1,57	1369	1,08	4259	0,704	4204
1,56	1410	1,07	4345	0,703	4224
1,55	1451	1,06	4433	0,702	4245
1,54	1493	1,05	4523	0,701	4265
1,53	1535	1,04	4615	0,700	4285
1,52	1578	1,03	4708		

Tabelle für die Scale des Alkoholometers nach Tralles.

Grade.	Scalentheile von 2597.	Specif. Gew. Wasser bei + 4° C. = 10000.	Grade.	Scalentheile von 2597.	Specif. Gew. Wasser bei + 4° C. = 10000.
0	9	9991	51	735	9915
1	24	9976	52	758	9295
2	39	9961	53	782	9275
3	54	9947	54	806	9254
4	68	9933	55	830	9234
5	82	9919	56	854	9213
6	95	9906	57	879	9192
7	108	9893	58	905	9170
8	121	9881	59	931	9148
9	133	9869	60	957	9126
10	145	9857	61	984	9104
11	157	9845	62	1011	9082
12	169	9834	63	1039	9059
13	180	9823	64	1067	9036
14	191	9812	65	1096	9013
15	202	9802	66	1125	8989
16	213	9791	67	1154	8965
17	224	9781	68	1184	8941
18	235	9771	69	1215	8917
19	245	9761	70	1246	8892
20	256	9751	71	1278	8867
21	266	9741	72	1310	8842
22	277	9731	73	1342	8817
23	288	9720	74	1375	8791
24	299	9710	75	1409	8765
25	310	9700	76	1443	8739
26	321	9689	77	1478	8712
27	332	9679	78	1514	8685
28	344	9668	79	1550	8658
29	355	9657	80	1587	8631
30	367	9646	81	1624	8603
31	380	9634	82	1662	8575
32	393	9622	83	1701	8547
33	407	9609	84	1740	8518
34	420	9596	85	1781	8488
35	434	9583	86	1823	8458
36	449	9570	87	1866	8428
37	465	9556	88	1910	8397
38	481	9541	89	1955	8365
39	498	9526	90	2002	8332
40	515	9510	91	2050	8299
41	533	9494	92	2099	8265
42	551	9478	93	2150	8230
43	569	9461	94	2203	8194
44	588	9444	95	2259	8157
45	608	9427	96	2318	8118
46	628	9409	97	2380	8077
47	648	9391	98	2447	8034
48	669	9373	99	2519	7988
49	690	9354	100	2597	7939
50	712	9335			

das speci

Tem.

Grade.

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

Tabelle

über

das specifische Gewicht nach den Aräometern von Beaumé und Becl für die Temperatur + 10° R. und Flüssigkeiten schwerer als Wasser.

Grade.	Beaumé.	Becl.	Grade.	Beaumé.	Becl.
0	1,0000	1,0000	39	1,3451	1,2977
1	1,0066	1,0059	40	1,3571	1,3077
2	1,0133	1,0119	41	1,3694	1,3178
3	1,0201	1,0180	42	1,3818	1,3281
4	1,0270	1,0241	43	1,3945	1,3386
5	1,0340	1,0303	44	1,4074	1,3492
6	1,0411	1,0366	45	1,4206	1,3600
7	1,0483	1,0429	46	1,4339	1,3710
8	1,0556	1,0494	47	1,4476	1,3821
9	1,0630	1,0559	48	1,4615	1,3934
10	1,0704	1,0625	49	1,4758	1,4050
11	1,0780	1,0692	50	1,4902	1,4167
12	1,0857	1,0759	51	1,4951	1,4286
13	1,0935	1,0828	52	1,5200	1,4407
14	1,1014	1,0897	53	1,5353	1,4530
15	1,1095	1,0968	54	1,5510	1,4655
16	1,1176	1,1039	55	1,5671	1,4783
17	1,1259	1,1111	56	1,5833	1,4912
18	1,1343	1,1184	57	1,6000	1,5044
19	1,1428	1,1258	58	1,6170	1,5179
20	1,1515	1,1333	59	1,6344	1,5315
21	1,1603	1,1409	60	1,6522	1,5454
22	1,1692	1,1486	61	1,6705	1,5596
23	1,1783	1,1565	62	1,6889	1,5741
24	1,1857	1,1644	63	1,7079	1,5888
25	1,1968	1,1724	64	1,7273	1,6038
26	1,2063	1,1806	65	1,7471	1,6190
27	1,2160	1,1888	66	1,7674	1,6346
28	1,2258	1,1972	67	1,7882	1,6505
29	1,2358	1,2057	68	1,8095	1,6667
30	1,2459	1,2143	69	1,8313	1,6832
31	1,2562	1,2230	70	1,8537	1,7000
32	1,2667	1,2319	71	1,8765	1,7172
33	1,2773	1,2409	72	1,9000	1,7347
34	1,2881	1,2500	73	1,9241	1,7526
35	1,2992	1,2593	74	1,9487	1,7708
36	1,3103	1,2687	75	1,9740	1,7895
37	1,3217	1,2782	76	2,0000	1,8085
38	1,3333	1,2879			

T a b e l l e

über

das specifische Gewicht nach den Aräometern von Beaumé, Cartier und Beck für die Temperatur $+ 10^{\circ}\text{N.}$ und Flüssigkeiten leichter als Wasser.

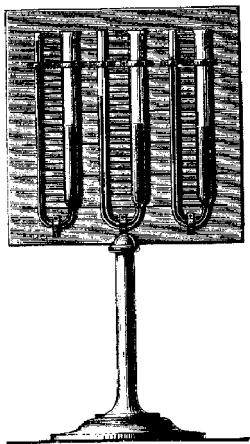
Grade.	Beaumé.	Cartier.	Beck	Grade.	Beaumé.	Cartier.	Beck.
0			1,0000	31	0,8742	0,8707	0,8457
1			0,9941	32	0,8690	0,8652	0,8415
2			0,9883	33	0,8639	0,8598	0,8374
3			0,9826	34	0,8588	0,8545	0,8333
4			0,9770	35	0,8538	0,8491	0,8292
5			0,9714	36	0,8488	0,8439	0,8252
6			0,9659	37	0,8439	0,8387	0,8212
7			0,9604	38	0,8391	0,8336	0,8173
8			0,9550	39	0,8343	0,8286	0,8133
9			0,9497	40	0,8295		0,8095
10	1,0000		0,9444	41	0,8249		0,8061
11	0,9932	1,0000	0,9392	42	0,8202		0,8018
12	0,9865	0,9922	0,9340	43	0,8156		0,7981
13	0,9799	0,9846	0,9289	44	0,8111		0,7944
14	0,9733	0,9764	0,9239	45	0,8066		0,7907
15	0,9669	0,9695	0,9189	46	0,8022		0,7871
16	0,9605	0,9627	0,9139	47	0,7978		0,7834
17	0,9542	0,9560	0,9090	48	0,7935		0,7799
18	0,9480	0,9493	0,9042	49	0,7892		0,7763
19	0,9420	0,9427	0,8994	50	0,7849		0,7727
20	0,9359	0,9363	0,8947	51	0,7807		0,7692
21	0,9300	0,9299	0,8900	52	0,7766		0,7658
22	0,9241	0,9237	0,8854	53	0,7725		0,7623
23	0,9183	0,9175	0,8808	54	0,7684		0,7589
24	0,9125	0,9114	0,8762	55	0,7643		0,7556
25	0,9068	0,9054	0,8717	56	0,7604		0,7522
26	0,9012	0,8994	0,8673	57	0,7565		0,7489
27	0,8957	0,8935	0,8629	58	0,7526		0,7456
28	0,8902	0,8877	0,8585	59	0,7487		0,7423
29	0,8848	0,8820	0,8542	60	0,7449		0,7391
30	0,8795	0,8763	0,8500				

Has
stellung de



bar mach
mal dan
chen zu
immer g
größte C
W
keiten ze
2''' im
Z
von Sp
Breite i
Stückch
um par
g
genomm
Platten
wichster
benutzt
Platten
sie glei
auf die

Haarröhrchen-Erscheinungen. Am besten eignen sich zur Darstellung der Fundamentalererscheinungen communicirende Glasröhrchen, wie Fig. 157, deren weiterer Schenkel etwa einen halben Zoll im Lichten mißt; die darangeschmolzenen Haarröhrchen haben verschiedene Weite, und zwar von 2 Linien bis zur Feinheit der Thermometerröhrchen, in etwa vier Abstufungen für wässrige Flüssigkeiten und ebenso viele für Quecksilber. Die zusammengehörigen werden auf ein Brettchen befestigt, das eine Eintheilung in Zoll und Linien für jede Röhre hat. Als wässrige Flüssigkeit dient am besten eine stark blaue, wie etwa Kupferoxydammoniak- oder Indigolösung; welche davon aber auch genommen wird, jedesmal müssen die Röhren nach dem Versuche mit reinem Wasser oder mit Weingeist gewaschen werden, weil diese farbigen Flüssigkeiten bei der Verdunstung ihre Farbe zurücklassen, was die Röhren bald unbrauchbar macht. Die für Quecksilber bestimmten Röhren kann man ein- für allemal damit gefüllt lassen. Bei den nässenden Flüssigkeiten muß man das Brettchen zuerst auf die Seite der engeren Schenkel neigen, damit die Röhren immer gehörig weit hinauf naß werden, sonst erlangt man nicht immer die größte Erhebung.



Will man die Erscheinung nur im Allgemeinen und nur an nässenden Flüssigkeiten zeigen, so braucht man nur eine Anzahl Glasröhrchen, deren weiteste etwa 2''' im Lichten hat, in ein mit gefärbter Flüssigkeit gefülltes Trinkglas zu stellen. Zu den Versuchen mit Glasplatten läßt man sich zwei Paare aus Stücken von Spiegelglas zuschneiden von etwa 3 bis 4 Zoll Länge auf 2 bis 3 Zoll Breite und schleift deren Kanten ab. Man richtet sodann vier gleich dicke kleine Stückchen Messingblech, die man an die vier Ecken zwischen das eine Paar legt, um parallele Platten zu erhalten.

Vier andere Stückchen Messingblech, wovon zwei aus dem allerdünsten genommen werden, 2 aber bis 1 Linie dick sind, dienen dazu, um dem andern Plattenpaare eine geneigte Lage zu geben. Beide Paare werden dann mit gewichstem Bindfaden ein paar Mal in der Mitte umschlungen. Als Flüssigkeit benutzt man dieselbe, welche für die Röhren eingerichtet wurde. Auch diese Platten nimmt man nach dem Gebrauche auseinander, reinigt sie und richtet sie gleich wieder für den nächsten Versuch zu. Man muß besondere Sorgfalt auf die Reinigung der Platten verwenden, denn wenn dieselben auch nur etwas

schmutzig sind, so bildet die Flüssigkeit bei den parallelen Platten keine gerade Linie und bei den geneigten keine reine Hyperbel mehr; am besten legt man die Platten einmal ganz in die Flüssigkeit, damit dieselben innen naß werden.

Um den Versuch über Anziehung und Abstößung schwimmender Kugeln zu machen, dienen am besten Kugeln von 3 bis 4 Linien Durchmesser aus Wachs und Glas. Auf Wasser gelingt der Versuch unfehlbar; um aber auf Quecksilber denselben darzustellen, sinken gläserne Kugeln lange nicht tief genug ein. Am besten ist es, wenn man gläserne Kugeln beinahe zur Hälfte mit Quecksilber füllt und dann zuschmilzt. Außerdem muß das Quecksilber eine sehr reine Fläche haben.

Zu dem Versuche über die Anziehung, welche sich zwischen eingesenkten Platten zeigt, dienen dünne Platten von Glas oder Kinnerr, welche man mit Wachs an Fäden aufhängt; sollen sie nicht naß werden, so darf man nur eine dünne Fettschicht auf dieselben bringen; die Figuren 158, 159, 160 zeigen den Erfolg für die einzelnen Fälle durch die beigefügten Pfeile.

Fig. 158.

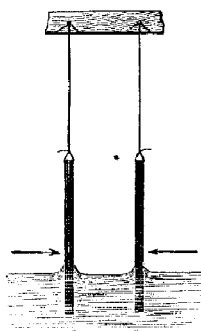


Fig. 159.

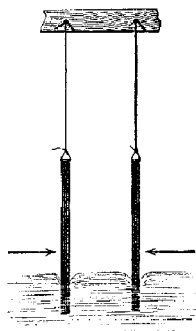
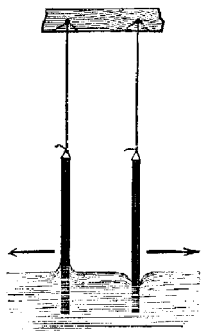


Fig. 160.



Um Nähnadeln, Stecknadeln u. dergl. auf Wasser schwimmen zu machen, braucht man dieselben nur ein paar Mal durch die Finger zu ziehen, sie erhalten dadurch einen ganz dünnen Fettüberzug, der sie vor dem Naßwerden schützt. Man legt dann dieselben vorsichtig auf das Wasser, und sie zeigen sowohl unter sich als gegen den Rand des Gefäßes dieselben Erscheinungen wie schwimmende Kugeln.

Zu den Molecularerscheinungen an tropfbar-flüssigen Körpern gehören auch die Versuche von Plateau mit Seifenbrühe; die letztere muß ziemlich stark sein und es ist gut, wenn sie schon Tags vorher bereitet wurde. Man fertigt sich verschiedene Figuren aus dünnem Eisendraht mit Drahtstielen, wie

Fig. 161,
den entwor-

brühe get
bilden, zu

En
gen Verf

Fig. 161, 162 und 163, welche sauber zusammenengelöthet sind. Dieselben werden entweder ganz oder nur mit einer oder zwei Seitenflächen in die Seifen-

Fig. 161.

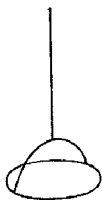
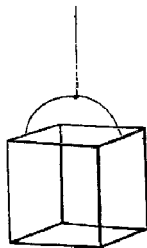


Fig. 162.



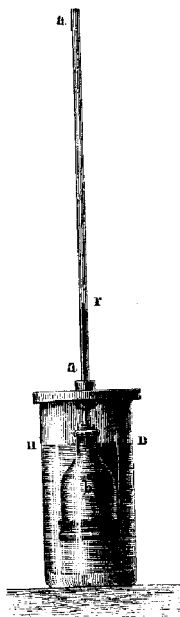
Fig. 163.



brühe getaucht, um die verschiedenen Figuren, welche sich nun an den Häutchen bilden, zu beobachten.

Endosmose. Die einfache Vorrichtung, welche dem hierher gehörigen 95
gen Versuche entspricht, ist in Fig. 164 abgebildet. Das innere Gefäß *b* sollte

Fig. 164.



an seiner weiten Oeffnung einen etwas umgestülpten Rand haben, oder doch mindestens eine Strecke lang gleich weit sein, um eine Blase fest auf dasselbe binden zu können. Man erhält hierzu sehr zweckmäßige Gläser aus unbrauchbar gewordenen Platinglasmaschinen (in Folge dieser Verwendung findet man sie auch manchmal bei Glashändlern); ein Gefäß aus Weißblech, das man mit Oelfarbe anstreichen kann, ist zwar für viele Versuche, aber doch nicht allgemein brauchbar, und man wird daher besser thun, nöthigenfalls ein passendes Glas zu bestellen. Das äußere Gefäß findet sich immer in entsprechender Form. Als engere Röhre dient ein Stück einer etwas weiten Barometeröhre *aa*; sie wird durch Kork in den Hals der weiteren gesteckt. Am zweckmäßigsten steckt man mittelst Korkes an die enge Röhre noch eine hölzerne Scheibe, die auf das weite Gefäß paßt, wodurch dann das engere im weiteren schwebend erhalten wird, oder man setzt das innere Gefäß auf ein paar Stückchen einer etwas dicken Glasröhre. Beim Versuche macht man durch Zugießen den Stand der Flüssigkeiten in beiden Gefäßen gleich hoch, wobei sich

leichter eine Wirkung wahrnehmen läßt. Als innere Flüssigkeit ist die ohnehin zu elektrischen Versuchen vorrätliche concentrirte Kupfervitriollösung ihrer Farbe wegen zu empfehlen, oder mit Cochenille gefärbter Weingeist, als äußere Wasser.

Für einen Versuch mit Schwefelsäure und Wasser sind die bei den constanten galvanischen Ketten gebräuchlichen Thonzellen sehr zweckmäßig; man braucht sie nur in ein Glasgefäß zu stellen und von den beiden Flüssigkeiten die eine in die Thonzelle, die andere außerhalb derselben einzufüllen.

C. Versuche über elastisch-flüssige Körper.

96 Der Versuch von Toricelli. Zur vorläufigen Erläuterung dieses Versuches gießt man Quecksilber in einen etwas hohen Glaszylinder und stellt eine beiderseits offene Glasröhre von solcher Weite hinein, daß die Wirkung der Capillarität verschwindet. Auf das äußere Quecksilber gießt man dann Wasser, dessen Druck das Quecksilber in der Röhre steigen macht. Da das Gleiche für jede Flüssigkeit erfolgen müßte, so muß das Quecksilber in der Röhre höher stehen, wenn in der Röhre keine, wohl aber außerhalb derselben atmosphärische Luft auf dem Quecksilber liegt.

Zu dem Versuche von Toricelli selbst nimmt man 76 bis 80 Centimeter lange und etwa 2 Linien weite Glasröhren, die man einerseits zuschmilzt; sie müssen rein sein und daher verstopft aufbewahrt werden. Hat das Quecksilber Schmutz darin zurückgelassen, oder sind sie sonst unrein geworden, so müssen sie entweder durch neue ersetzt werden, oder man muß die zugeschmolzene Seite öffnen und die Röhre sorgfältig auswischen, indem man mittelst eines umgebo- genen Drahtes ein Stück reines weiches Fließpapier wiederholt durchzieht. Sind nämlich die Röhren unrein, so bleibt viel Luft an den Wänden der Röhre hän- gen und diese steigt dann in Blasen auf, sobald man die mit Quecksilber gefüllte Röhre umkehrt und in das Quecksilbergefäß stellt. Als Gefäß dient ein Trink- glas, welches so weit sein muß, daß man die mit dem Zeigefinger verschlossene Röhre gut unter das Quecksilber bringen kann. Am besten läßt man eine solche Röhre gefüllt; man neigt sie, bis das Quecksilber oben anstößt, verschließt mit dem Finger und kehrt um; in dieser Lage hängt man sie an einer darum ge- bundenen gewichsten Schnur auf.

Die Röhre wird durch einen aus Schreibpapier nach der in §. 76, 4 an- gegebenen Weise gedrehten Trichter gefüllt, oder es muß das Quecksilber vorher durch einen solchen Trichter gereinigt werden, in welchem Staub und Oxydhäu- chen fremder Metalle zurückbleiben. Noch besser reinigt man das Quecksilber

durch Sch
Quecksilber
und mit
füllt man
Glastrich
Glasröhre

3ft
dem Fin
ein- oder
Röhre h
gemacht,
Wegen d
selben V
lang ist.

De
jenige, n
wird, ba
Ei

Trinktgl
einem L
bleibt, f
Glas n
ausfließ
darunter
dem Ti
stellen.
das nun
nicht ge

I
besser
nämlich
aber zu
Scale
gebene
auf M

gewöh
dessen
ein m

durch Schütteln mit verdünnter heißer Salpetersäure, wobei man freilich auch Quecksilber verliert; nachher wird dasselbe durch Schütteln mit Wasser gewaschen und mit Fließpapier getrocknet. Will man den Versuch genauer aufstellen, so füllt man die erwärmte neue Röhre mit erhitztem Quecksilber durch einen langen Glasrichter, d. h. durch eine ziemlich enge, einerseits trichterförmig erweiterte Glasröhre.

Ist die Röhre bis auf etwa fünf Linien gefüllt, so verschließt man sie mit dem Finger und läßt die so eingeschlossene Luftblase durch Umkehren der Röhre ein- oder zweimal durch die ganze Röhre laufen, um einzelne kleine an der Röhre hängende Luftblasen zu sammeln. Die Röhre wird nun eben voll gemacht, mit dem Finger verschlossen und in das Quecksilbergefäß umgekehrt. Wegen der Anwendung des abgeleszten Barometers u. s. w. macht man denselben Versuch auch noch mit einer Röhre, welche weniger als 76 Centimeter lang ist.

Das Quecksilber für solche Versuche bewahrt man besonders auf, weil dasselbe, welches im Allgemeinen und namentlich für elektrische Versuche gebraucht wird, bald mit fremden Metallen verunreinigt ist.

Ein anderer hierher gehöriger Versuch ist folgender: Wenn man ein Trinkglas mit eben geschliffenem Rande genau voll Wasser füllt, sodann so mit einem Blatte Schreibpapier bedeckt, daß keine Luftblase unter dem Papiere bleibt, so kann man ein Brettchen oder ein Buch auf das Papier legen und das Glas umkehren; man kann es nun verkehrt aufheben, ohne daß die Flüssigkeit ausfließt. Setzt man das Glas auf den Tisch, so kann man selbst das Papier darunter hervorziehen, wieder frisches Papier darunter bringen, das Glas von dem Tische wieder auf das Brettchen schieben und mit diesem wieder aufrecht stellen. Nur muß man entweder ein gut steifes Papier, oder ein solches nehmen, das nur wenig größer ist als das Glas, sonst könnte der Versuch möglicherweise nicht gelingen.

Das Barometer. Barometer gehören zu den Instrumenten, die man 97
besser kauft als selbst macht. Gewöhnliche nicht ausgekochte Barometer sind nämlich wohlfeiler zu kaufen, als man sie selbst machen kann; gute Barometer aber zu machen, das erfordert ziemlich viele Uebung, sowie die Aufertigung der Scale auch eine gute Theilmaschine voraussetzt. Nur durch das in §. 32 angegebene Verfahren kann man Scalen auf Glas oder, in ähnlicher Weise, auch auf Messing copiren, wenn man eine gute Mutter-scale hat.

Für die Demonstration wird es immerhin gut sein, wenn man außer einem gewöhnlichen Gefäßbarometer auch ein einfach gearbeitetes Heberbarometer besitzt, dessen kürzerer Schenkel nahe bei der Biegung etwas verengt ist, um ihn durch ein mit Baumwolle umwickeltes Stäbchen verschließen zu können. Kann man

auf ein Barometer so viel Geld verwenden, daß man ein zu genaueres Beobachtungen brauchbares Instrument anschaffen kann, so wird es am zweckmäßigsten sein, ein Reisebarometer zu kaufen. Sehr bequem sind hierfür Heberbarometer mit stählernem Hahne, wenn die Scale auf die Röhre geätzt ist, wobei das Millimeter noch in fünf Theile getheilt sein kann. Der Hahn darf der Temperaturveränderungen wegen nicht vollkommen schließen und hat darum in der Stellung des Schließens eine capillare Durchbohrung. Welche Eigenschaften ein gutes Barometer haben müsse, findet man in jedem Lehrbuche der Physik verzeichnet.

Sollte man aber, entweder weil an einem sonst werthvollen Barometer die Röhre gebrochen ist, oder aus irgend einem anderen Grunde in den Fall kommen, eine Barometerröhre auskochen zu müssen, so wähle man eine solche, welche nur mäßig starke Wände hat, und reinige sie vor dem Aufschmelzen sehr gut. Man erhitze sodann die erforderliche Menge Quecksilber in einer Porzellanschale bis zum Kochen, erwärme auch die Röhre ihrer ganzen Länge nach und fülle etwa zwei Zoll noch heißes Quecksilber durch einen Papiertrichter in dieselbe. Der gefüllte Theil der Röhre wird nun von unten an unter fleißigem Umbrehen über der Weingeistlampe erhitzt, bis das Quecksilber darin kocht; man hält dabei die Röhre ziemlich wagerecht und stellt die Lampe auf einen flachen, etwas großen Porzellanteller, um bei möglichem Zerspringen der Röhre kein Quecksilber zu verlieren. Uebrigens ist bei vorsichtigem Erhitzen diese Gefahr nicht groß. Man erwärmt nun die Röhre wieder der ganzen Länge nach, füllt eine neue, gleich große Portion heißes Quecksilber ein und fängt mit dem Auskochen etwas unterhalb der Stelle an, wo man vorher aufgehört hat. Auf diese Weise fährt man fort, bis die Röhre auf etwa 5 bis 6 Linien gefüllt ist; den Rest der Röhre füllt man nur mit heißem Quecksilber an. Man kann allerdings nach Treviranus auch ganz gefüllte Barometerröhren in verticaler Lage mittelst einer Weingeistlampe mit hohlem Docht auskochen, indem man das Barometer durch die Lampe steckt und mit dem Auskochen am offenen Ende beginnt; aber man bedarf dazu besonderer Stativ, die man doch für eine so seltene Arbeit nicht gern anschafft. Um den Hals des Gefäßes bindet man dann eine mittelst Kleister zusammengepappte, unten abgeschnittene Papierdüte als Trichter, und füllt das Gefäß nebst einem Theile der Düte mit gereinigtem Quecksilber, worauf man die übergewollte Röhre mit dem Finger verschließt, sie in die Düte umkehrt, öffnet und in das Gefäß steckt. Nach Entfernung der Düte gießt man auch aus dem Gefäße das überflüssige Quecksilber aus und läßt nur so viel zurück, daß dasselbe bis an den Nullpunkt der etwa schon vorhandenen Scale reicht, wenn das Gefäß an seinem Orte ist. In dem Halse des Gefäßes kann man die Röhre durch Porzstücke feststecken, oder durch einen vorher an die Röhre gesteckten

ganzen No-
Zutritt zu

Bei
verhältniß-
werden, u
gewölbte S
bringen, n
Letzteres l
Streifen v
rechte Ste
sammensfä
Theilung
Zehnteln
hängen.

Kau
sorgfältige
seine rich
wenn nich
berichtigen
werden so
Bezeichnun
(Pariser S
Wind“,
wenn ma
etwas lieg

Sol
zuerst so
füllt, und
ist. Bei
wenn ob
ganz um
stopft. I
silber im
reicht, w
Vorricht

Da
men, so
recht bill
zu erklä

Arid

ganzen Hock; doch muß letzterer seitlich einen Einschnitt haben, um der Luft Zutritt zu lassen.

Bei der Beobachtung des Barometers muß, selbst wenn die Röhre eine verhältnißmäßig weite ist, stets das Quecksilber durch leises Aufklopfen erschüttert werden, um den richtigen Stand zu erhalten. Das Ablesen geschieht über die gewölbte Kuppe des Quecksilbers und man muß das Auge in dieselbe Höhe bringen, welche diese Kuppe hat, um den parallaxtischen Fehler zu vermeiden. Letzteres läßt sich besonders gut erreichen, wenn man hinter der Röhre einen Streifen von einem gewöhnlichen Spiegel anbringt, weil das Auge sicher die rechte Stellung hat, wenn das Spiegelbild der Quecksilberkuppe mit dieser zusammenfällt. Ein Nonius an der Scale ist nur dann entbehrlich, wenn die Theilung in Millimetern gemacht ist, und man schon Übung im Schätzen von Beuteln erlangt hat. Bei jeder Beobachtung muß das Barometer senkrecht hängen.

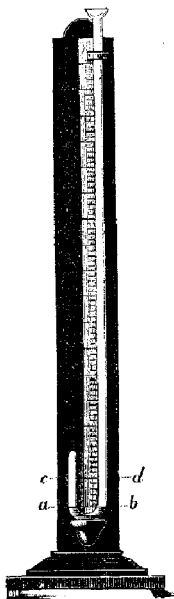
Kauft man ein Gefäßbarometer, so muß man sich jedenfalls darüber durch sorgfältiges Nachmessen versichern, daß der vorhandene Theil der ganzen Scale seine richtige Entfernung vom Stande des Quecksilbers im Gefäße habe, und, wenn nicht, durch Zugießen oder Entfernen von Quecksilber diese Entfernung berichtigen, selbst wenn dadurch die etwa dabei befindliche Wetterseale unrichtig werden sollte. Letztere hat immer beim mittleren Stand des Barometers die Bezeichnung „veränderlich“ und dann aufwärts für jeden folgenden Viertelszoll (Pariser Maß) „schön“, „beständig“, „sehr trocken“, und abwärts „Regen oder Wind“, „viel Regen“, „Sturm“, und kann daher leicht hergestellt werden, wenn man den mittleren Barometerstand kennt und — wenn Jemand daran etwas liegt.

Soll ein Barometer vom Orte gebracht werden, so muß es jedenfalls zuerst so weit langsam geneigt werden, bis das Quecksilber die Röhre ganz ausfüllt, und dann erst wird der Verschuß angebracht, wenn ein solcher vorhanden ist. Bei solchem Neigen zeigt sich auch, ob das Barometer noch luftleer ist, wenn oben keine Luftblase bleibt. Für weiteren Transport wird es immer in ganz umgekehrte Lage gebracht und vorher die Oeffnung für den Luftzutritt verstopft. Beim Wiederaufrichten muß man dann darauf sehen, daß das Quecksilber im Gefäß sich mit jenem in der Röhre vereinige, ehe man die Höhe erreicht, wo das Quecksilber anfängt, sich in der Röhre zu bewegen; doch ist diese Vorsicht nur bei Heberbarometern oder solchen mit seitlichem Gefäß nöthig.

Da Huyghens'sche Doppelbarometer und Hadbarometer häufig vorkommen, so wird man gut thun, diese beiden Instrumente, wenn es gelegentlich recht billig geschehen kann, zu erwerben, um ihre Einrichtung beim Unterrichte zu erklären; zu wissenschaftlichen Zwecken werden sie bekanntlich nicht gebraucht.

98 **Das Mariotte'sche Gesetz.** Um dieses Gesetz für die Verdichtung nachzuweisen, kann man sich eine wenigstens 4 bis 6 Zoll vom Ende an gleich weite Glasröhre an diesem Ende zuschmelzen und heberförmig umbiegen, so daß der zugeschmolzene Theil den kürzeren Schenkel bildet. Diese Röhre wird mittelfst gebogener Messingstreichen und Holzschraubchen auf ein Brettchen, wie Fig. 165, befestigt, nachdem man vorher einen darauf geleimten Papierstreifen in

Fig. 165.



Zolle und Linien getheilt, von unten an beziffert und mit gebleichtem Schellack gefirnisset hat. Eine solche Röhre braucht nicht gerade lang zu sein, 30 bis 36 Zoll sind genug, da sich das Gesetz durch Rechnung zeigen läßt, ohne daß man den Druck stets um ganze Atmosphären steigert. Will man dieses aber, so kann man leicht einige starke Glasröhren dadurch vereinigen, daß man sie mit Siegelack in zolllange eiserne Hülzen einfüttet.

Bei dem Versuche selbst bringt man zuerst nur so viel Quecksilber in die Röhre, daß der gebogene Theil derselben gefüllt wird, und sucht durch wiederholtes Neigen und Aus- oder Einlassen kleiner Luftblasen in den verschlossenen Schenkel das Quecksilber in beiden Schenkeln gleich hoch zu bringen, etwa bis *ab*, welcher Stand notirt wird. Nun wird in den längeren Schenkel eine beliebig hohe Quecksilberssäule eingegossen; ist dadurch das Quecksilber im verschlossenen Schenkel bis *cd* gestiegen, so wird sich stets das frühere Volumen der Luft zum jetzigen verhalten wie der augenblickliche Barometerstand zu diesem + der Höhe des Quecksilbers über *cd*. Läßt

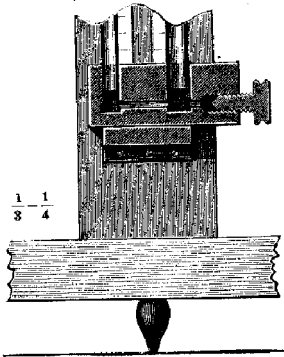
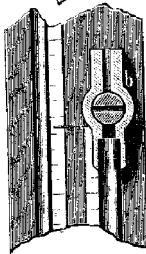
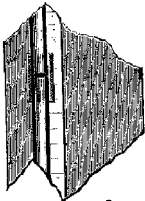
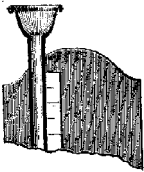
es die Länge der Röhre zu, so kann man immer um ganze Atmosphären mit dem Drucke fortschreiten und dadurch das Volumen der Luft auf $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{3}$ reduciren, wozu es dann bequem ist, wenn das ursprüngliche Volumen eine durch 2 und 3 theilbare Zahl von Zollen beträgt. Sehr abgekürzt wird der Versuch, wenn das Instrument am Ende des kürzeren Schenkels einen gut schließenden Hahn hat, weil sich dann durch das einfache Öffnen des Hahns das Quecksilber in beiden Schenkeln gleich hoch stellt *). Es kann hier wohl ein messingener Hahn angewendet werden, da mit diesem das Quecksilber nur auf kurze Zeit an eingesetzten Theilen und ohne Druck in Verührung kommen kann; allein die

*) Solche Hähne bekommt man in den Gasfabriken und bei den für diese arbeitenden Mechanikern um äußerst billige Preise in jeder Dimension.

Hülse des
die Glasröh-
regel des
Röhren, 1

Hülse des Hahns muß so gebohrt werden, daß sie gerade so weit offen ist, als die Glasröhre selbst innen weit ist und man muß bei der Ableseung bis zum Pegel des Hahns zählen, dessen Stellung auf der Scale zu bezeichnen ist. Bei Röhren, welche mehr als 3 Fuß lang sind, muß der kurze Schenkel aus einer besondern Glasröhre bestehen und beide

Fig. 166.



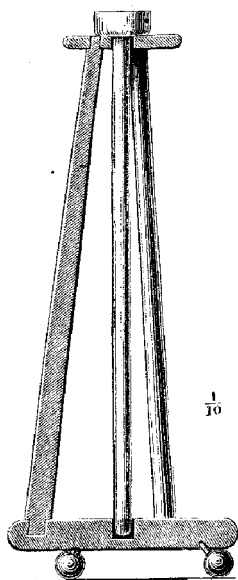
$\frac{1}{8} - \frac{1}{4}$

besondern Glasröhre bestehen und beide Schenkel werden in ein eisernes Querstück eingekittet, wie Fig. 166 zeigt, damit man das Quecksilber hier entleeren kann, da bei langen Röhren das Ausleeren durch Umneigen nicht wohl angeht. Die Schraube muß gut in die Mutter passen und das Quecksilber fließt durch eine von vorn eingebohrte ziemlich feine Oeffnung aus, wenn die Schraube zurückgedreht wird. Der Apparat muß ein ziemlich großes, je nach der Höhe 1 bis 2 Fuß breites Standbrett erhalten. Die Stücke der langen Röhre werden dadurch vereinigt, daß man dieselben in kurze eiserne Zwingen kittet.

Um dasselbe Gesetz für die Verdünnung nachzuweisen, nimmt man gewöhnlich eine etwa 2 Centimeter weite und etwa 70 Centimeter hohe Glasröhre, welche einerseits verschlossen, andererseits trichterförmig erweitert ist. Man kann eine solche Röhre billig aus jeder Glasütte bekommen; sie wird, um sie vor dem Umstoßen möglichst zu sichern, in ein Gestell gebracht, wie Fig. 167 (a. f. S.) im Durchschnitte zeigt. Die obere Erweiterung ist jedoch nicht durchaus nöthig, sie ist nur bequem, damit sich beim Versuche der Stand des Quecksilbers nicht wesentlich ändert, und kann jedenfalls auch so hergestellt werden, daß man von einem passenden zerbrochenen Glasgefäße den Boden abnimmt und die weite Röhre mittelst Kork und Siegelack in den Hals des Gefäßes kittet. Jede hinreichend

weite Glasröhre kann zum Versuche dienen, selbst wenn man nicht im Stande wäre, sie an einem Ende zuzuschmelzen. Im letzteren Falle kittet man die Röhre

Fig. 167.


 $\frac{1}{10}$

mit reichlichem Siegelack in das vorher ausgekittete Loch des Bodens von Fig. 167. Die enge Glasröhre, welche beim Versuche gebraucht wird, schleift man auf einer Seite eben und theilt sie dann von da aus in Zolle, indem man die Striche mit Luftpumpe aufträgt. Beim Versuche steckt man sie in die weite, mit Quecksilber gefüllte Röhre, so daß sie nur noch um einige ganze Zolle aus dem Quecksilber hervorragt, verschließt sie mit dem Finger und zieht sie nun weiter heraus, bis die Luft in der Röhre wieder eine beliebige ganze Zahl von Zollen einnimmt, worauf man die Höhe der gehobenen Quecksilbersäule mißt. Man kann auch eine zugeschmolzene Röhre verwenden, sie nur bis auf einige Zolle mit Quecksilber füllen und in das Gefäß umkehren; sie wird zuerst so weit eingetaucht, daß das Quecksilber innen und außen gleich hoch steht, wobei man dann die Länge der vorhandenen Luftsäule mißt; die Röhre wird dann beliebig herausgezogen und die Länge der Luftsäule und der gehobenen

Quecksilbersäule wieder gemessen. Ist die ursprüngliche Länge der Luftsäule l , die zweite l' , h die gehobene Quecksilbersäule und B der Barometerstand, so wird immer $l : l' = B - h : B$ sein. Sowohl bei dieser Vorrichtung, als bei jener zur Verdichtung trägt man dieselbe Scale auf, welche das Barometer hat, das man besitzt, also wohl gewöhnlich Pariser Zolle; denn beim einen wie beim andern Versuche muß es verglichen werden und man erspart sich also dadurch unangenehme Reductionen. Selbst wenn man sich einen Apparat für das Mariotte'sche Gesetz vom Mechanicus bestellt, wo dann die Röhre zur Verdichtung so hoch ist, daß sie einen Druck von 2 bis 3 Atmosphären zuläßt, und zur bequemen Entleerung überall stählerne Hähnen angebracht sind, muß man sich die Scale, die das Instrument haben soll, stets ausbedingen.

99 Von der Luftpumpe; Anschaffung derselben. Wenn hierbei, wie es aber leider meistens der Fall ist, die Geldverhältnisse nicht gänzlich hindernd entgegentreten, so schaffe man sich gleich ein gutes Instrument

an; die
eines der
schaffung
mehr mög

Für
Luftpumpe
steuerung,
kommt hier
weniger

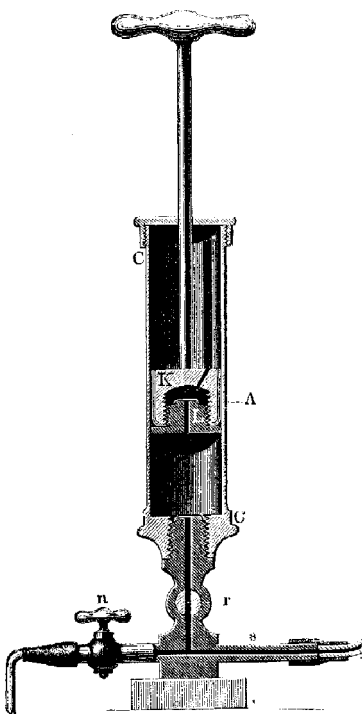


bar, wenn
verschen
der zurrid
nötig; f
säße steh
eine hölz

an; die Luftpumpe ist für den Unterricht ebensowohl, wie für den Liebhaber, eines der wichtigsten Instrumente, und man würde sich nur zu bald zur Anschaffung eines besseren Instrumentes veranlaßt finden, was dann häufig nicht mehr möglich ist.

Für den Liebhaber, sowie für den Chemiker, kann eine sogenannte Handluftpumpe, d. h. ein kleines Instrument ohne Kurbelbewegung und ohne Selbststeuerung, wenn sie nur sonst sehr gut gearbeitet ist, recht wohl genügen; es kommt hier nicht darauf an, ob man zum einzelnen Versuche etwas mehr oder weniger Zeit braucht. Fig. 168 zeigt eine solche Luftpumpe zum Aufschrauben

Fig. 168.



auf einen Tisch; die zu entleerenen Gefäße können mit jedem Arme durch Glasröhren mit Kautschuk verbunden werden; bequem für solche Verbindungen sind Röhren aus vulcanisirtem Kautschuk, die man über eine Drahtspirale gestreift hat. Man kann auch mit dem einen Arme eine gekrümmte, an 30 Zoll lange Glasröhre verbinden, welche über den Tisch hinab in ein Gefäß mit Quecksilber reicht, um an dem Aufsteigen des letzteren den Grad der Verdünnung zu messen. Es ist für viele Versuche gut, wenn beide Arme mit Hähnen versehen sind und das Aufschrauben der Barometerröhre oder der Kautschuk- und Glasröhren durch Zugschrauben, wie Fig. 169 (a. f. S.), geschieht. Meistens haben diese Luftpumpen keinen doppelt durchbohrten Hahn, sondern im Kolben ein Klappenventil. Für so kleine Kolben bringt man dieses zweckmäßig oben auf dem Kolben an, wie in Fig. 170 (a. f. S.), wo die Klappe *a* sich an der Kolbenstange bewegt. Eine solche Pumpe wird sehr allseitig brauch-

bar, wenn sie mit dem Hahn von Silbermann, Fig. 171 u. Fig. 172 (a. f. S.), versehen ist; man kann damit Gase aus einem Gefäße in ein anderes und wieder zurückführen und es sind die kleinen in den Armen befindlichen Hähnen nicht nöthig; sie dienen nur zu besserem Abschluß, wenn man die ausgepumpten Gefäße stehen lassen will. Es ist auch sehr zweckmäßig, eine solche Luftpumpe auf eine hölzerne Schraubzwinge zu schrauben und durch diese an den Tisch zu

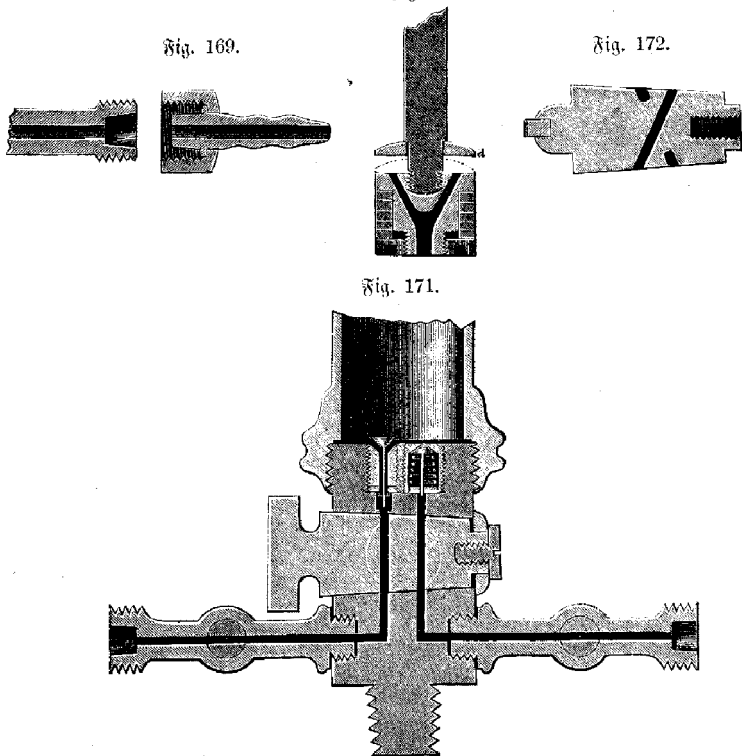
befestigen. Wenn man zu einer solchen Luftpumpe keinen abgesonderten Teller mit Hahn besitz, so müssen bei den meisten der später zu beschreibenden Versuche andere Einrichtungen getroffen werden.

Fig. 170.

Fig. 169.

Fig. 172.

Fig. 171.



Anders verhält es sich in der Schule, weil man hier eine ziemliche Zahl von Versuchen durchmachen sollte und die Zeit gewöhnlich knapp zugemessen ist. Brauchte der Lehrer die Luftpumpe nicht auch zu eigenen Arbeiten, so könnte dagegen in der Schule auch ein weniger gut gearbeitetes Instrument ausreichen, da die für den Unterricht wirklich nöthigen Versuche durchaus keinen hohen Grad der Verdünnung erfordern. Für eine Schule darf daher der Stiefel der Luftpumpe nicht zu klein sein, sie muß durch Zahn und Getriebe bewegt werden und Selbststeuerung haben; noch besser wäre eine zweistieflige Luftpumpe, und zwar wäre letztere der größeren Dauerhaftigkeit wegen einer doppelt wirkenden einstiefligen vorzuziehen.

Was
zuerst um
liche Vent
fertigt, da
net'schen
die möglich
oder noch
den Vorth
miren geb
strationen
überhaupt
eigene M
miren ist
weiter fein

Was
bohrung
unter ein
Solche kl
schließen
nur eine
wird, na
kommt; d
gefürigelt
nur noch
freilich b
braucht r
Baromete
handen fe
kann die
bewahrt
für alle
da der C
Herdreher
ist dieser
ist. Daß
strumente
die Bequ
wird es
guerd'fo
Bohrung

Was nun die Construction im Allgemeinen betrifft, so handelt es sich zuerst um die Wahl zwischen Hahn- und Ventil- oder Stöpselluftpumpe. Eigentliche Ventilluftpumpen werden für physikalische Zwecke wohl nicht mehr angefertigt, dagegen leisten die Stöpselluftpumpen in Verbindung mit einem Babinet'schen Hahne Ausgezeichnetes. Wo es sich daher um Versuche handelt, welche die möglichste Verdünnung erfordern, sind nur diese Instrumente zu empfehlen, oder noch mehr Instrumente mit dem Graßmann'schen Hahne, da letzterer den Vortheil hat, daß das mit ihm versehene Instrument auch zum Comprimiren gebraucht werden kann. Letzteres hat für die Schule zu einigen Demonstrationen Werth, und giebt daher allerdings für letztere oder für Hahnluftpumpen überhaupt den Ausschlag, wenn man nicht für die Compressionsversuche eine eigene Maschine ankaufen kann. Der Gebrauch der Luftpumpe zum Comprimiren ist aber ein sehr beschränkter, und hat daher, außer für den Unterricht, weiter keinen praktischen Werth.

Was die Hahnen selbst betrifft, so sollte ihr Kern bei mehrfacher Durchbohrung nie gar zu klein genommen werden, an der Basis des Kegels nicht unter einem halben Zoll Durchmesser, da die Schlußfläche sonst zu klein wird. Solche kleine Hahnen sind wohl in mehrfacher Beziehung leichter zu arbeiten, schließen neu auch recht gut, sind aber schneller abgenutzt; sie ertragen auch nur eine ganz feine Bohrung, wodurch das Durchgehen der Luft erschwert wird, namentlich wenn, wie fast unvermeidlich, auch noch etwas Fett hinein kommt; außerdem können sie wegen der kleinen Bohrung nicht so gut nachgeschnitten werden, wenn sie einmal Noth gelitten haben, weil die Böcher nachher nur noch zum Theil oder gar nicht mehr auf einander passen. Anders ist es freilich bei jenen Hahnen, die nur einfach gebohrt sind, oder nur wenig gebraucht werden, wie die Sperrhahnen der Probeglocken für Manometer- und Barometerproben, sowie für den Teller. Daß aber diese letzteren Hahnen vorhanden seyen, ist sehr nöthig; denn nur durch das Abgeschlossen der Probeglocken kann die Barometer- oder Manometerprobe bei gewissen Versuchen vor Schaden bewahrt werden, und ein besonderer Hahn zum Verschluss unter dem Teller ist für alle jene Versuche nöthig, wo man das Vacuum einige Zeit erhalten will, da der Steuerungshahn nach einiger Zeit bei dem unaufhörlichen Hin- und Herdrehen desselben seinen Schluß nicht erhalten kann. Auch zum Luftzulassen ist dieser zweite Hahn bequem, besonders wenn er ebenfalls doppelt durchbohrt ist. Daß der Griff dieses Hahns, wenn der Teller nahe an den Tisch des Instrumentes zu liegen kommt, etwas lang sein müsse, ist für sich klar, wenn man die Bequemlichkeit nicht ganz bei Seite setzen will. Für die Demonstration wird es immer gut sein, sich ein etwas großes hölzernes Modell eines Sennerd'schen Hahns machen zu lassen, dessen Kern in der Ebene der schiefen Bohrung durchschnitten wird.

Hat die Luftpumpe eine besondere Probeglocke für das Manometer, so muß das Quecksilbergesäß von Eisen sein oder von Glas; wäre es von Messing, so müßte es dick mit Siegellacklösung bestrichen werden, da der gewöhnliche Schellackfirnis stets Risse bekommt, durch welche hindurch dann das Quecksilber auf das Metall gedrückt wird und dieses zerfrisst.

Was den Teller betrifft, so muß man darauf sehen, daß derselbe mit Glas belegt und nicht unter 0,2 Meter breit sei. Das Ende der Communicationsröhre muß ein Gewinde haben und entweder über die Glasplatte hervorstehen, oder das Glas muß weiter ausgebohrt sein und das Gewinde nur über die Messingplatte hervorstehen; dadurch wird verhütet, daß Quecksilber, Wasser u. dgl. in das Innere der Luftpumpe kommen. Sehr häufig trifft man Luftpumpen, bei welchen der Teller unmittelbar auf dem Stiefel sitzt, und die Stange nach unten ausgezogen wird; abgesehen davon, daß hier kein Raum für einen zweiten Hahn zum Absperren übrig bleibt, sind die unter dem Recipienten befindlichen Gegenstände den Erschütterungen beim Auspumpen gar zu stark ausgesetzt.

In Bezug auf die Vermeidung des schädlichen Raumes kommt es darauf an, daß die dem Boden des Cylinders zugekehrte Kolbenfläche durch eine daran befindliche kurze konische Warze bis beinahe auf den Kern des Steuerungshahns reiche, und genau auf den Boden des Cylinders eingeschliffen sei; ebenso muß dieselbe seitlich den Cylinder ausfüllen und durchaus nicht enger sein als die Filscheiben, welche den Kolben bilden. Indessen giebt es einen weiteren unvermeidlichen schädlichen Raum, der durch das unvollkommene Anschließen des Kolbens an den Cylinderboden bedingt wird, da selbst bei gutem Einschleifen des Kolbenendes auf den Boden die Berührung durch Fett immer mehr oder weniger verhindert wird, sowie denn auch durch das Fett selbst, welches immer wieder mit der Luft in Berührung kommt, einige atmosphärische Luft eingeschleppt wird. Diesem schädlichen Raume kann nur durch den Babinet'schen oder Graßmann'schen Hahn entgegengewirkt werden, weil bei dieser Einrichtung zuletzt der eine Stiefel nur dazu verwendet wird, den schädlichen Raum des anderen auszupumpen. Eine eigene Art von schädlichem Raume sitzt manchmal in fehlerhaft gebohrten Hahnen. Für die gewöhnlichen Constructionen ist wohl der Senguerd'sche Hahn der zweckmäßigste. Ein Ventil vor der nach außen stehenden Oeffnung des Steuerungshahns erleichtert die Arbeit des Auspumpens sehr; allein der schädliche Raum wird dann um so schädlicher, da er nun der Federkraft des Ventils entsprechend comprimirt Luft enthält.

Die Kolben werden gewöhnlich aus Filscheiben gemacht, doch kann man auch massive metallene Kolben so genau einschleifen, daß sie vorzügliche Dienste thun; sie gewähren den Vortheil, daß sie viel leichter gehen, und da sie aus demselben Stoffe bestehen wie die Cylinder, bei jeder Temperatur gleich gut

passen.
hat der
Di
Bahn u
pumpen
muß das
drehung
Jedenfal
Befestigu
Grundpl
im Gan
Ne
sicht best
zur voll
leicht zu
W
außer d
sprechen
ob ihr G
Versuch
machen
gesetzte
Teller, f
die Koll
durch si
B
Natur
leisten
sich ein
am zwe
und ma
suchen d
jenen u
Luftpun
Fließpa
giebt m
das Fet
Falle d
das vol

passen. Wie lange sie ihren Schluß bei stärkerem Gebrauche erhalten, darüber hat der Verfasser keine Erfahrung.

Die Bewegung der Kolben geschieht bei größeren Luftpumpen immer durch Zahn und Getriebe mittelst einer Kurbel. Diese Kurbel ist bei manchen Luftpumpen — bei zweistieligen wohl immer — zweiarmig, und in diesem Falle muß das Rad so groß sein, daß die Kolben in weniger als einer ganzen Umdrehung ihren Weg machen, damit man die Hände nicht zu wechseln braucht. Jedenfalls muß das Axenlager des Rades eine von den Stiefeln unabhängige Befestigung haben. Ueberhaupt muß das ganze Instrument solide auf einer Grundplatte von altem geöltem Holze oder Metall erbaut sein, so daß man es im Ganzen auf einen beliebigen Tisch setzen kann.

Keine unwesentliche, aber von den Mechanikern nicht immer beachtete Mängel besteht endlich darin, daß die Maschine ohne zu viele Umstände, soweit als zur vollständigen Reinigung erforderlich ist, zerlegt werden könne, und alle Theile leicht zugänglich seien.

Wenn man eine frisch erhaltene Luftpumpe untersucht, so handelt es sich außer der Construction im Allgemeinen noch besonders darum, ob sie die versprochene Verdünnung an einem ausgekochten Barometer zu leisten vermag, und ob ihr Schluß gut ist. In ersterer Beziehung ist zu bemerken, daß hierbei der Versuch entweder ganz ohne, oder doch nur mit ganz kleinem Recipienten zu machen ist; in letzterer Beziehung genügt es, wenn eine unter den Recipienten gesetzte Barometerprobe ihren Stand beibehält, also der Sperrhahn und der Teller, sowie der Recipient selbst in Ordnung sind. Der Steuerungshahn und die Kolben können nur bei ganz neuen Instrumenten noch so gut sein, daß auch durch sie keine Luft eindringt, wenn man das Instrument stehen läßt.

Behandlung der Luftpumpe. Die Luftpumpe bedarf ihrer 100 Natur nach einer sehr sorgfältigen Behandlung, wenn sie längere Zeit gute Dienste leisten soll. Vor Allem ist Reinlichkeit nothwendig, und sie sollte daher alljährlich einmal ganz gereinigt werden und frisches Fett erhalten. Es geschieht dieses am zweckmäßigsten, wenn die Luftpumpenversuche für einen Cours beendet sind, und man macht daher lieber gleich mit den eigentlich hierher gehörigen Versuchen auch jenen über das Kochen des Wassers im luftverdünnten Raume und jenen über die Eisbereitung durch Verdunsten des Aethers, weil nach diesen die Luftpumpe nothwendig gereinigt werden sollte. Die Reinigung geschieht mit Fließpapier, das man anfänglich mit etwas Alkohol befeuchten kann; nachher giebt man den Kolben und Hahnen wieder frisches Fett. Bei den Kolben muß das Fett auf diese und nicht in den Cylinder gestrichen werden, weil im letzteren Falle das Ueberflüssige gegen den Boden des Cylinders getrieben wird und hier das vollständige Anliegen der unteren Kolbenfläche hindert, wodurch ein beden-

tender schädlicher Raum erzeugt wird; außerdem werden dadurch die Canäle verstopft. Für die Kolben nimmt man Schweinefett, für die Hahnen kann man Talg oder eine Mischung von diesem und gleichviel Schweinefett nehmen. Die Stangen und Getriebe erhalten Del. Es ist gut, wenn man das zu verwendende Fett in einem bedeckten Gefäße aufbewahrt und es vor der Verwendung noch mit den Fingern durchgreift, um alle harten Theile zu entfernen. Für die Kolben wird auch sogenanntes Knochenfett verwendet, das in einer etwa $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll hohen Schicht darauf gegossen wird und hier ähnlich wirkt, wie das Fett bei den Stopfbüchsen der Dampfmaschinen. Die Kolben schließen damit besser und gehen leichter, müssen aber so gedungen passen, daß sie das flüssige Fett nicht durchlassen.

Kann die Luftpumpe nicht im Glaskasten aufbewahrt werden, so macht man ein darüber passendes Futteral aus Pappe, um sie vor Staub zu schützen.

Eine nicht unwesentliche Vorsichtsmaßregel zur Erhaltung der Luftpumpe besteht auch darin, daß man es nicht versucht, die Kolben zu bewegen, wenn das Instrument in der Kälte steht; immer muß dasselbe zur Winterzeit einige Zeit vor dem Gebrauche in das geheizte Zimmer gebracht werden.

Bei den Versuchen bestreicht man den abgeschliffenen Rand der Glocken mit einer Talgkerze; doch halten fein geschliffene Glocken auf einem guten Teller auch ohne besonderes Fett.

Das Arbeiten mit der Luftpumpe muß im Anfange langsam geschehen, da die Luft der engen Canäle wegen Zeit braucht, um sich gleichförmig im ganzen Raume zu verbreiten; das hörbare Zischen der Luft, oder das noch andauernde Sinken der Barometerprobe giebt hierfür schon von selbst ein Maß ab; sowie die Verdünnung fortschreitet, arbeitet man dann schneller. Ohne diese Vorsicht arbeitet man sich unnöthigerweise ab und das Durchmachen einer Anzahl von Luftpumpenversuchen ist ja ohnehin ermüdend genug. Schüler aber, oder ungeliebte Gehülfsen, haben gewöhnlich nicht die Fertigkeit, eine Kurbel gleichförmig herumzutreiben, und stoßweise Bewegungen sind für das Instrument immer sehr nachtheilig. Luftpumpen mit continuirlicher Bewegung und Schwungrad dürften leichter zu handhaben sein; doch sind sie bis jetzt bei uns nicht üblich, finden aber allmählig mehr Anerkennung; sie arbeiten sehr schnell und sind darum gerade für den Unterricht bequem, da es hier selten auf eine sehr weit getriebene Verdünnung ankommt.

Man sollte es nie versuchen, einen Recipienten auch nach nur wenigen Zügen von dem Teller wieder zu entfernen, ohne vorher Luft zugelassen zu haben. Es leidet dabei, je nach ihrer Construction, die Luftpumpe selbst und der Recipient wird leicht zerbrochen. Das Entfernen der Recipienten geschieht übrigens immer so, daß man dieselben drehend über den Rand des Tellers hinauschiebt.

Zu
Versuchen
aus Trin
Be
der Glas
gereinigt

KL
nach der
durch se
andere V
genomme
angezoge
Steuern
nen gehe
wiederho
schine m
Gefühl
man lei
verderbe

W
oder lie
schine a
sehr gel
und D
Herans
miges
daß m
änderte
dings z
I
lage, in
In die
Theil
etwas
lenen
Glas.
Messer
und 1/

Immer wählt man den kleinsten noch brauchbaren Recipienten zu den Versuchen aus. Recipienten von beliebiger Kleinheit verschafft man sich leicht aus Trinkgläsern mit starkem Boden, deren Rand eben geschliffen wird.

Wenn man die ganze Reihe der Luftpumpenversuche fertig hat, so muß der Glaskeller und der geschliffene Rand der Glocken wieder sorgfältig von Fett gereinigt werden.

Kleine Reparaturen einer Luftpumpe. Sollte nach und 101
nach der Schluß der Kolben an einer Luftpumpe nachlassen, so kann sich derselbe durch festeres Anschrauben der beweglichen Platte der Kolben ein und das andere Mal wiederherstellen lassen. Die Hahnen müssen, so oft sie herausgenommen wurden, durch die daran befindliche Ziehschraube wieder so fest angezogen werden, daß sie noch ziemlich leicht bewegt werden können. Die Steuerungshahnen müssen leichter gehen als die übrigen; wie leicht die Hahnen gehen müssen, das ist mit Worten freilich nicht zu bestimmen; allein durch wiederholtes Drehen eines gehörig angezogenen Hahns — etwa wenn die Maschine neu vom Mechanicus kommt — erwirbt man sich bald das richtige Gefühl hierfür. Sollte die Ziehschraube nicht mehr wirken können, so kann man leicht mit der Feile hier wieder Luft schaffen, ohne am Hahn etwas zu verderben.

Wäre der Hahn aber auf diesem Wege nicht zum Schlusse zu bringen, oder ließe sich der Kolben nicht mehr weiter zusammenpressen, so muß die Maschine an den Mechanicus geschickt werden; nur wenn man im Arbeiten schon sehr geübt wäre, dürfte man es versuchen, mittelst fein geriebenen Vinestains und Oels einen Hahn nachzumirgeln, indem man denselben unter öfterem Herausziehen in seiner Hülse hin und her dreht, bis sich überall ein gleichförmiges Matt zeigt. Mitunter läßt sich einem Kolben dadurch wieder helfen, daß man die Filz- oder Lederscheiben auseinandernimmt und sie in etwas veränderter Lage, wenn es sein kann, oder doch mit frischem Fett dazwischen neuerdings zusammenpreßt.

Mitunter löst sich die Glasplatte des Tellers von ihrer metallenen Unterlage, in Folge der ungleichen Ausdehnung beider Substanzen durch die Wärme. In diesem Falle schraubt man den Teller ab, erwärmt Glas und Metall, jeden Theil für sich, so weit, daß der Kitt gut darauf fließt, bringt das Glas mit etwas starker Papiernunterlage auf einen sehr ebenen Tisch und preßt den metallenen Theil mittelst einer hölzernen Schraubzwinde genau concentrisch auf das Glas. Nach dem Erkalten entfernt man den herausgequollenen Kitt mit dem Messer. Wäre frischer Kitt nöthig, so nimmt man Schellack mit etwa $\frac{1}{6}$ Wachs und $\frac{1}{6}$ Terpentin.

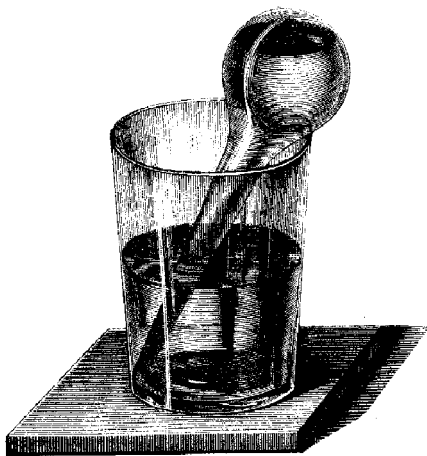
Läßt der Schluß einer Luftpumpe plötzlich nach, so muß man den Sitz des

Uebels auffuchen. Es läßt sich derselbe sehr oft nur dadurch ermitteln, daß man den Stiesel des Instrumentes mit Luft füllt, den Hahn zum Comprimiren stellt und das ganze Instrument unter Wasser setzt, während man den Kolben hineintreibt; die aufsteigenden Luftblasen werden den Sitz des Uebels anzeigen, und man wird dann auch beurtheilen können, ob man demselben selbst abhelfen könne oder nicht.

Häufige sich der Fehler an einer Stelle, welche mit Leder unterlegt ist, so muß man frisches Leder anwenden. Am besten eignet sich hierzu etwas dickes sämischgares Leder, das man mit einer warmen Mischung aus gleichen Theilen Talg und Schweinefett tränkt. Man hält sich ein kleines Stück solchen Leders im Vorrath. Für solche Zwischenlager sind auch reine Korfscheiben zu empfehlen. Fehlt es an einer Stelle, wo etwa Glas eingefittet ist, so muß man den Theil abschrauben, erwärmen, das Glas herausnehmen und mit Siegelack frisch einfitten, wobei Glas und Hülse erwärmt werden müssen (§. 45).

102 Versuche mit der Luftpumpe. 1) Eine fest zugebundene, mit Luft schwach gefüllte Blase dehnt sich unter dem Recipienten der Luftpumpe

Fig. 173.



Luft kann man auch so zeigen, daß man wie in Fig. 173 einen mit Wasser bis auf einen kleinen Rest gefüllten Glaskolben in einen weiteren mit Wasser zum Theil gefüllten Cylinder umkehrt und so unter den Recipienten bringt. Es entwickeln sich dabei auch Luftblasen aus dem Wasser selbst, und man macht also zugleich einen doppelten Versuch.

aus, sobald die Luft ausgezogen wird; man kann es dahin bringen, daß die Blase platzt, wenn man zu viel Luft darin gelassen hat. Eine solche Blase bewahrt man am besten unter einer Luftpumpenglocke selbst auf, da sie sonst von einem Jahr zum anderen leicht von Insecten meist an versteckten Stellen durchlöchert wird. Anstatt einer Schweinsblase kann man auch ganz mit Luft gefüllte Blasen aus vulcanisirtem Kautschuk bei diesen Versuche verwenden.

2) Die Ausdehnung der

3) indessen durch Zed

4) stellt den an den F einander den Halb keine so d fugeln zu der Halb falls muß leicht aus

5) eine frische 2 bis 4 werden.



diesen abzusper könnte. einem C langen

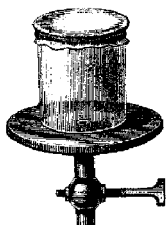
6) ziehen. Recipie Rohre d man lä hart lö den G Glas f meter

3) Der Recipient sitzt durch den Druck der Luft fest auf dem Teller, wobei indessen zu bemerken ist, daß die wenigsten Constructionen es erlauben, dieses durch Jedermann selbst versuchen zu lassen.

4) Die Magdeburger Halbkugeln sind hierfür geeigneter. Man stellt den Versuch mit ihnen am besten so an, daß man mittelst eines Hakens an den Halbkugeln ein Gewicht hebt, das nicht im Stande ist, dieselben auseinander zu reißen, dessen Größe also vorher ermittelt wird. Durch Leute an den Halbkugeln zerren zu lassen, ist zu umständlich und giebt am Ende doch keine so deutliche Anschauung, auch kann es beim plötzlichen Losgehen der Halbkugeln zu Beschädigungen führen. Die gut auf einander geschliffenen Ränder der Halbkugeln werden vor dem Versuche mit einer Talgkerze bestrichen. Jedenfalls muß man vor dem Versuche zeigen, daß sie in mit Luft gefülltem Zustande leicht auseinander gehen.

5) Das Blasensprengen. Soll dieser Versuch sicher gelingen, so muß eine frische, eben erst stark aufgeblasene Schweinsblase recht straff über einen 2 bis 4 Zoll weiten Ring von Glas oder Metall gespannt und darauf getrocknet werden. Der Ring selbst muß hierfür einen verdickten oder, wenn er von Glas

Fig. 174.



ist, einen umgelegten Rand haben und auf der anderen Seite gut eben geschliffen sein. Diese Seite wird mit Fett bestrichen auf den Teller der Luftpumpe gesetzt, Fig. 174. Unmittelbar vor dem Versuche wird die Blase über Feuer — im Winter auf dem Ofen — scharf getrocknet; ohne letztere Vorsicht wird der Versuch leicht mißglücken. Auch eine dünne Glasplatte kann auf demselben Ringe gesprengt werden, wenn sie eben genug ist, um mit Fett luftdicht auf dem Ringe zu schließen. Bei

diesen Versuchen darf man nicht vernachlässigen, die Barometerprobe durch den Hahn abzusperrern, weil letztere beim plötzlichen Luftzutritt leicht verdorben werden könnte. Nimmt man Glas, so muß wie bei No. 8 und 17 der Teller mit einem Stücke Filz bedeckt werden, damit keine Splitter in das Instrument gelangen können.

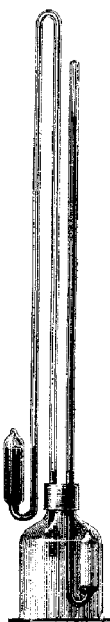
6) Das Barometer sinkt unter dem Recipienten der Luftpumpe beim Ausziehen. Man verfertigt sich für diesen sehr instructiven Versuch einen hohen engen Recipienten, Fig. 175 (a. f. S.), aus einem gläsernen Trichter und einer mit dem Rohre des Trichters ungefähr gleich weiten, einerseits zugeschmolzenen Glasröhre; man läßt nämlich vom Blechner oder besser vom Glirtler, wenn man nicht selbst hart löthen kann, einen zolllangen Ring von Blech machen, in welchen die beiden Glasstücke passen, und kittet sie in den Ring so tief hinein, daß Glas an Glas steht. Der Trichter wird sodann unten wohl eben geschliffen. Als Barometer kommt darunter eine Toricelli'sche Röhre ohne Scale, die man durch

Kork in ein kleines Gläschen voll Quecksilber steckt, Fig. 176. Das Quecksilber wird sodann bis auf das Nöthigste aus dem Gläschen ausgegossen, bevor

Fig. 175.

Fig. 176.

Fig. 177.



bergesäß. Wird die Luft verdünnt, so steigt das Quecksilber in der letzteren Röhre, während es im Barometer sinkt. Auch hier muß man beim Wiederzulassen der Luft vorsichtig sein.

7) Holz ist specifisch schwerer als Wasser. Will man dieses durch die Luftpumpe zeigen, so muß man das dazu bestimmte Stückchen Holz in einem Trinkglase durch ein Gewicht unter Wasser halten, dann, wenn es nicht sehr porös ist, ziemlich anhaltend auspumpen und nach dem Luftzulassen noch einige Zeit warten, bis wirklich der atmosphärische Druck das Wasser in die Poren des Holzes gepreßt hat. Je öfter aber ein Stückchen Holz zu diesem Versuche gebietet hat, desto leichter gelingt derselbe damit.

8) Der Schall einer Glocke verschwindet, sowie der Recipient leerer wird. Dieser Versuch wird entweder durch ein Weckerwerk, welches unter einem Recipienten mit Stopfbüchse sich befindet, oder durch eine frei darunter aufgehängte Glocke angestellt. Im ersteren Falle kann man das Werk mittelst des Stieles

man den vorher an die Röhre gesteckten Pfropf in die Oeffnung schiebt, damit beim Einlenken des Barometers das Quecksilber aus der Röhre gehörig Raum finde, weswegen diese nicht zu weit sein darf. Man nimmt eine neue, noch sehr reine Glasröhre dazu, und läßt dann den Apparat für diesen Versuch beisammen. Der Pfropf muß für den Luftzutritt einen seitlichen Einschnitt haben. Eine andere ebenfalls empfehlenswerthe Form dieses Apparates zeigt Fig. 177, wobei auf die oben mit einem Halbe versehene Luftpumpenglocke eine metallene Fassung mit zwei Hülsen gekittet ist; in die eine Hülse ist ein gewöhnliches Gefäßbarometer gekittet, in die andere ein doppelt gebogenes Rohr mit Quecksil-

der Stopp
an den S
glickt der
Man nu
und zum
Weckerwe
braucht
Verschwi
beim Lu
9)

Druck de
man ein
cipient z
Entfernu
des Wa
findet.
fläche de
des Wa
kann ma
hat; m
schtröh
Wasser
man da
Wasser
Glas z
entwicke
Luft wi

1
Schwe
Korksch
Versuch
Schlus
Fett d
gehört
am sid
man
beren
säure
jenes

der Stopfbüchse angehen lassen und wieder anhalten, im letzteren durch einen an den Stiel gesetzten Querarm die Glocke erschüttern. In beiden Fällen mißglückt der Versuch, wenn sich der Schall durch die festen Theile fortpflanzen kann. Man muß daher das Weckerwerk auf lockere Bündel von feinem Hanfe stellen und zum Aufhängen sich gänzlich aufgedrehter häusener Schnüre bedienen. Ein Weckerwerk, das zu diesem Versuche bestimmt ist, sollte etwas lange gehen und braucht seine Schläge nur langsam zu machen; man kann dann das allmähliche Verschwinden des Schalles während des Auspumpens und sein Wiederauftreten beim Luftzulassen recht gut bemerken.

9) Wasser kocht bei niedriger Temperatur, bei 40° etwa, wenn man den Druck der Luft entfernt. Soll der Versuch schnell und sicher gehen, so wähle man einen kleinen Recipienten und ein hohes enges Wassergefäß. Ist der Recipient zu groß, so bewirkt der Kolben nicht bei jedem Zuge eine hinreichende Entfernung der gebildeten Wasserdämpfe, deren eigener Druck das Aufkochen des Wassers hindert, daher dieses überhaupt nur während des Ausziehens stattfindet. Ist das Wassergefäß zu weit, so entstehen so viel Dünste auf der Oberfläche des Wassers, als der Kolben entfernt, und es bilden sich keine im Inneren des Wassers, es kann also wieder kein Aufkochen entstehen. Diesen Versuch kann man bei einer Handluftpumpe anstellen, wenn man auch keinen Teller dazu hat; man braucht nur den nächsten besten Glaskolben durch Glas und Kautschukröhren mit der Luftpumpe in Verbindung zu setzen, nachdem man das Wasser darin gehörig erwärmt hat. Aether verdampft noch viel leichter. Füllt man daher eine einerseits zugeschmolzene, einige Zoll lange Glasröhre mit Wasser, auf welches einige Tropfen Aether gegossen werden, kehrt sie in ein Glas Wasser um und bringt sie so unter den Recipienten der Luftpumpe, so entwickeln sich Aetherdämpfe, die die Röhre füllen und beim Wiederzulassen der Luft wieder condensirt werden.

10) Will man durch Verdunstung Wasser zum Gefrieren bringen, durch Schwefelsäure oder Schwefeläther, so muß man die betreffenden Gefäße auf Korkstücken stellen, um sie gegen Wärmeleitung möglichst zu schützen. Der Versuch mit Schwefeläther geht am leichtesten, es muß derselbe aber erst am Schlusse der übrigen Versuche gemacht werden, da der Aether nachtheilig auf das Fett des Instrumentes wirkt, und doch eine ziemlich Portion verdampft. Es gehört zu diesem Versuche ein ziemlich rasches Auspumpen, und es gelingt freilich am sichersten mit zweistiefligen oder sonst doppelt wirkenden Luftpumpen. Daß man zwei Uhrgläser über einander, in deren oberes flacheres der Aether, in deren unteres das Wasser kommt, als Gefäße anwendet, ist bekannt.

Zu dem Versuche mit Schwefelsäure muß concentrirte englische Schwefelsäure genommen werden, und beide Gefäße, sowohl jenes mit dem Wasser, als jenes mit dem Vitriolöl, müssen sehr flach sein; sie werden neben einander oder

auch mittelst eines auf einem Brettchen befestigten Drahringes, wie Fig. 178, über einander gestellt; man wählt eine kleine Glocke. Man kann auch Asbest mit der Schwefelsäure befeuchten und darauf das Wassergefäß stellen. Die Luftpumpe muß gut sein und namentlich gut schließen, wenn das Auspumpen vollendet ist, weil es dann noch einige Zeit ansteht, bis das Gefrieren des Wassers erfolgt. Das Gefäß für die Schwefelsäure muß größer sein, man nimmt überhaupt nur wenig Wasser. Da man aber unter dem Namen concentrirte Schwefelsäure auch nicht immer solche von gehöriger Concentration erhält, und dann der ohnehin schwierige Versuch mißlingen kann, so ist derselbe für den Unterricht nicht sehr zu empfehlen; mit Schwefeläther geht es viel sicherer und zeigt dasselbe.

Fig. 178.

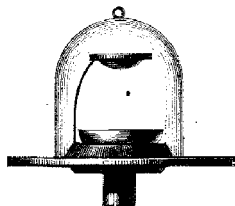
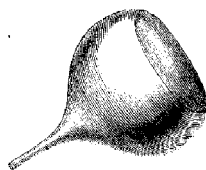


Fig. 179.



11) Der Druck der inneren Luft sprengt ein Gefäß, wenn man außerhalb die Luft verdünnt. Am besten eignen sich hierzu dünn aufgeblasene Glasgugeln von etwa 1 Zoll Durchmesser, die man durch Anwärmen auf einer Seite platt werden läßt und nach dem Erkalten an der feinen Spitze zuschmilzt, Fig. 179.

12) Um zu zeigen, daß ein Licht in verdünnter Luft erlischt, wähle man ein niedriges Wachlicht und eine etwas hohe Glasglocke, damit die Erhizung an der Stelle des Knopfes derselben nicht etwa ein Sprüngen veranlaßt. Das Licht löscht übrigens nach wenigen Zügen aus.

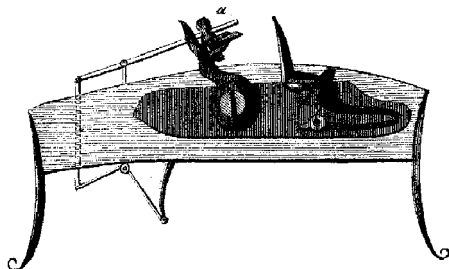
13) Stahl giebt kein Feuer und Schießpulver verbrennt im leeren Raume ohne Explosion. Den ersten Versuch stellt man jetzt gewöhnlich so an, daß man ein Flintenschloß, wie Fig. 180 zeigt, an seinem Schafte mit vier Füßchen verfährt und eine Vorrichtung anbringt, um das Schloß von oben loszudrücken zu können; es wird gespannt unter den Recipienten gebracht, der mit einer Stopfbüchse versehen ist. Hat man die Luft gehörig verdünnt, so schießt man den Stift der Stopfbüchse auf den Drücker *a*, um das Schloß loszudrücken. Man sieht keine oder nur schwache Funken und das Pulver der Pfanne entzündet sich nicht. Unterrichtender als ein solches Flintenschloß würde freilich eine ähnliche, aber auf dem Teller festgeschraubte Vorrichtung sein, deren Hahn sich nicht feststellte, und durch den Stift der Stopfbüchse wiederholt gehoben werden könnte, um ihn gegen den Stahl schlagen zu lassen; doch taugen die dem Verfasser bekannten Vorrichtungen der Art nicht viel. Bringt man aber einige

Körner
Brenngl.

14
sich siehe
terröhre

Körner Pulver sät sich unter den Recipienten und sucht sie entweder durch ein Brennglas zu entzünden, nachdem man die Luft ausgepumpt hat, oder dadurch,

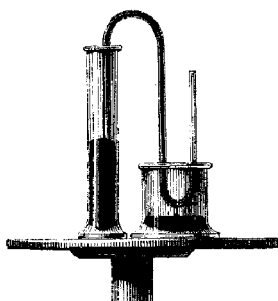
Fig. 180.



daß man mittelst der Stopfbüchse ein vorher bis zum Glühen erhitztes Metallstück darauf bringt, so findet allerdings, wenngleich viel schwieriger, als im luft-erfüllten Raume, Entzündung Statt, allein es brennt dabei das Pulver ohne Verpuffung ruhig weg.

14) Der Heber fließt nicht im luftverdünnten Raume. Dieser Versuch läßt sich sicher nur mit Quecksilber anstellen; man biegt dazu aus einer Thermometerröhre einen Heber, wie ihn Fig. 181 zeigt; er hat bei *c* eine kleine Oeffnung,

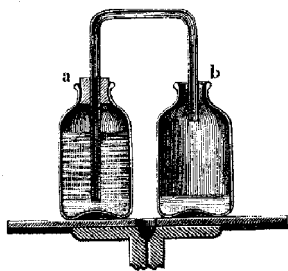
Fig. 181.



die beim Ansaugen mit dem Finger verschlossen wird. Das Quecksilber kommt in einen etwas hohen Cylinder und das ausfließende Quecksilber wird in einem daneben gesetzten weiteren Gefäße aufgefangen. Wenn der Heber fließt, bedeckt man den Apparat mit einer nicht zu großen Glocke und zieht aus; sobald die Luft gehörig verdünnt ist, hört der Heber auf zu fließen.

15) Der Heronsball fließt im leeren Raume. Befestigt man mittelst eines gut schließenden Korkes in ein zum Theile mit Wasser gefülltes Gefäß *a*, Fig. 182, eine gekrümmte, beiderseits offene in das Wasser reichende Glasröhre, deren anderes Ende in ein leeres Gefäß *b* reicht, und bringt den Apparat unter den Recipienten, so treibt die Elasticität der in *a* eingeschlossnen Luft beim Auspumpen das Wasser in das Gefäß *b*. Läßt man die Röhre gerade und zieht sie in eine Spitze aus, so hat man einen Heronsball der einfachsten Art. Man kann diesen unter dem Recipienten

Fig. 182.



zum Springen bringen, doch muß man sich dabei hüten, den Versuch zu lange fortzusetzen, weil sonst Wasser in die Luftpumpe kommen könnte, was für andere Versuche störend ist.

16) Für die Wirkung der Saugpumpe ist folgender Apparat belehrend.
Fig. 183. Fig. 184. Fig. 185.

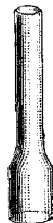
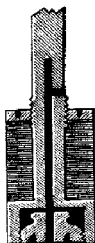
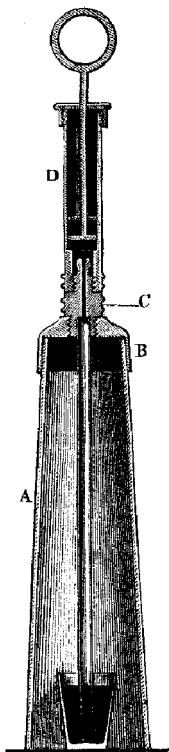


Fig. 186.



Fig. 187.



Auf eine weite etwas starke Glasröhre oder eine enge hohe Glocke A, Fig. 183, wird eine metallene Fassung B gekittet, in welche sich zuerst das doppelt geriefelte Messingstück C einschrauben läßt; dieses ist unten weit angebohrt, um eine etwa 2 Linien weite und mit der Glocke beinahe gleich lange Glasröhre einzukitten; der Rest desselben ist eng durchbohrt und trägt einen oben eben geschliffenen Kopf, auf welchen ein Ventil aus Wachstafel kommt, wie bei No. 25 dieses Paragraphen. Ueber C wird die kleine Pumpe D geschraubt, deren Kolben unterhalb ein ähnliches Ventil besitzt, wie Fig. 184 in natürlicher Größe zeigt. Unter die Glasglocke stellt man Quecksilber, in welches die Glasröhre taucht. Setzt man die Pumpe in Bewegung, so wird das Quecksilber aufgezogen,

was aber nicht mehr, oder beinahe nicht mehr stattfindet, wenn die Luft aus A ausgepumpt ist. Da übrigens schon ein einzelner Kolbenzug an der kleinen Pumpe das Quecksilber hoch genug hebt, so kann man die Ventile auch entbehren und die mit massivem Kolben versehene Pumpe direct auf die Fassung B aufschrauben.

17) Einen Apparat für den Quecksilberregen kann man sehr einfach aus einem Lampenkamin, Fig. 185, herstellen, dessen erweiterte Seite eben geschliffen wird. In die andere Seite wird ein abgedrehtes Stück Rußbaumholz, wie Fig. 186 im Durchschnitte zeigt, eingefittet; ein anderes zu einem Napfe ausgedrehtes Stück, Fig. 187, wird in den erweiterten unteren Theil auf den

Teller
dabon

kleine
liberal
eine n
Gleich
bleiben
länger
gewich
einen
den A
weil f
massiv
sonder
wird,
Auspu

dünn
Teller
mit d
nen; i
pump
den, f

bar,

Teller gestellt, um das Quecksilber aufzufangen, damit nicht etwa ein Tröpfchen davon in die Luftpumpe gelangen und den Schluß der Hahnen verderben könne.

18) Das Waganometer. An eine feine mit Stativ versehene kleine Wage, Fig. 188, wird einerseits eine hohle aus dünnem Blech gefertigte, überall gut verlöthete Kugel von etwa $2\frac{1}{2}$ bis 3 Zoll Durchmesser, andererseits eine massive Messingkugel angehängt, welche im luftgefüllten Raume ersterer das Gleichgewicht hält. Da aber dieses wegen Aenderung des Luftdruckes nicht bleibend ist, so muß der eine oder der andere Wagarm eine Schraube als Verlängerung haben, damit man durch Drehen der Schraubenmutter *a* das Gleichgewicht herstellen kann. Man könnte hierfür auch einen leichten Sattel auf dem einen Wagebalken verschieben, obgleich dieses weniger bequem ist. Bringt man den Apparat unter den Recipienten und zieht aus, so sinkt die größere Kugel, weil sie im luftgefüllten Raume mehr von ihrem Gewichte verliert, als die massive. Hierfür ist es ganz besonders bequem, einen von der Luftpumpe abgeordneten Teller zu haben, der durch ein Kautschukrohr mit derselben verbunden wird, da nur selten eine Luftpumpe so fest steht, daß die Erschütterungen beim Auspumpen das Resultat des Versuchs nicht trüben.

Fig. 188.

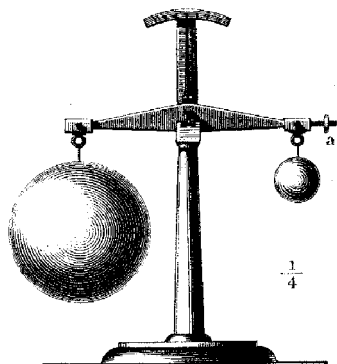
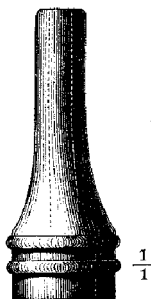


Fig. 189.

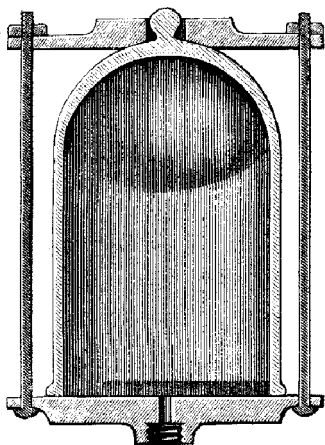


19) Dester kommt man in den Fall, daß die Luft in einem Gefäße verdünnt werden soll, welches nicht auf die Luftpumpe geschraubt oder auf den Teller gesetzt werden kann. Man hat hierfür ein Stück Messing, wie Fig. 189, mit doppelt geriefeltem Kopfe, um es fest auf die Luftpumpe schrauben zu können; mittelst entsprechend gebogenen Glasröhren, welche unter sich mit der Luftpumpe und dem zu verdünnenden Raume durch Kautschukröhren vereinigt werden, setzt man nun die Luftpumpe mit letzterem in Verbindung.

20) Verdichtung der Luft. Ist die Luftpumpe zugleich hierfür brauchbar, so muß man bei jedesmaligem Gebranche zuvor die Steuerung unter-

suchen, ob sie die verlangte Stellung habe, weil ein Versetzen hierin dem Recipienten gefährlich werden könnte. Ist nämlich beim Verblümen die Steuerung auf Verdichten gestellt, so wird der Recipient vielleicht durch Adhäsion dem ersten Drucke widerstehen, dann aber gewaltsam von dem Teller geworfen werden. Die Glocken, in welchen man die Luft verdichten will, müssen von sehr dickem Glase sein, $2\frac{1}{2}$ bis 3 Linien dick, damit man sie ohne Drahtgeflecht anwenden

Fig. 190.



kann, weil letzteres die Durchsichtigkeit beinahe ganz aufhebt. Am besten ist es, wenn man hiefür einen eigenen metallenen Teller hat, gegen welchen dieselben mittelst einer oben darüber gelegten Platte durch Schrauben befestigt werden können, wie Fig. 190 zeigt.

21) Ein Manometer der einfachsten Art verfertigt man sich aus einer gleich weiten einerseits verschlossenen Glasröhre, die mittelst Tuschse in Zolle und Linien getheilt, sodann durch Leder oder Kork in ein Gläschen mit Quecksilber gestellt wird. Es dürfte übrigens nicht rathsam

sein, bei Luftpumpen die Verdichtung über zwei Atmosphären zu treiben.

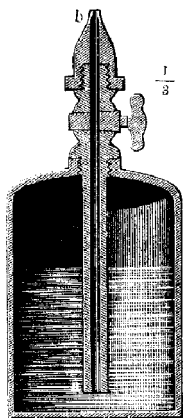
22) Verdichtet man in einem Heronsball von Metall, dessen Springrohr durch einen Hahn verschließbar ist, wie in Fig. 191, und der auf die Luftpumpe geschraubt werden kann, die Luft, so können nach dem Abnehmen verschiedene Spritzöffnungen aufgeschraubt und die Wirkung derselben gezeigt werden. Das Blech zu einem solchen Heronsball muß bei Messing mindestens 1 Millimeter dick genommen werden und erträgt dann, wenn Alles hart gelötet ist, schon einen Druck von etwa zwei Atmosphären bei den angegebenen Dimensionen. Hat die Luftpumpe kein besonderes Manometer, so muß man aus dem Volumen des Stiefels und dem noch mit Luft gefüllten Raume des Heronsballs die Compression beurtheilen *).

23) Eine abgeplattete Glasugel, wie die bei No. 8 erwähnte, wird im Compressionsgefäß zerdrückt.

*) Die Anwendung des Heronsballs zum leuchtenden Springbrunnen bei der Wärme.

24) Wenn man das Compressionsgefäß innen naß macht und dann die verdichtete Luft rasch entweichen läßt, so wird durch die entstehende Temperaturerniedrigung das ganze Gefäß mit Nebel erfüllt.

Fig. 191.



25) Bestimmung des specifischen Gewichtes elastisch flüssiger Körper dürfte schwerlich Gegenstand eines Versuches beim Unterrichte sein. Hier wird es genügen, durch Abwägen den Gewichtsunterschied zwischen einer mit Luft erfüllten und ausgepumpten Glasugel — oder auch einer Glasröhre — zu zeigen, doch ist eine Kugel immer vorzuziehen; man muß aber auf etwas großes Volumen (1 bis 2 Decimeter Durchmesser) sehen, weil der Hahn das Gewicht ansehnlich vermehrt. Der Versuch selbst bedarf keiner Erläuterung. Will man aber wirklich das specifische Gewicht einer Gasart in Bezug auf atmosphärische Luft bestimmen, so wäre hier nur zu zeigen, wie in diesem Falle das zu wägende Gas getrocknet werden muß, weil ähnliche Operationen auch bei anderen Versuchen erforderlich sind. Eine etwa 3 Fuß lange und

6 bis 8 Pinten weite Glasröhre, Fig. 192, wird mit Chlorcalcium- oder Bims-

Fig. 192.



steinflücken, welche letztere vorher in concentrirte englische Schwefelsäure gelegt waren, gefüllt und sodann mittelst Kork geschlossen. Den Kork durchlöchert man entweder mit einem glühenden Drahte oder mit dem Korkbohrer, so daß eine 1 bis 2 Linien weite Glasröhre auf jeder Seite durchgestoßen werden kann; die Pfropfe werden mit der weiten Röhre eben geschnitten und mit Kautschukstreifen verbunden, was aber bei guten Champagnerpfropfen überflüssig ist. Diese so vorbereitete Röhre verbindet man durch Kautschukröhren, zuerst mit der Blase, welche das Gas enthält, und dann auch mit dem leergepumpten Ballon, nachdem man vorher so viel Gas hat durchströmen lassen, als zur Entfernung der atmosphärischen Luft aus den Röhren erforderlich ist.

Wollte man das specifische Gewicht der atmosphärischen Luft in Bezug auf Wasser bestimmen, also den Ballon einmal mit Wasser füllen, so wäre besondere Sorgfalt auf das Wiederaustrocknen desselben zu verwenden, was ziemlich umständlich ist und nur durch wiederholtes Auspumpen und Anfüllen mit vollkommen trockener Luft erreicht werden kann. Schon darum eignet sich dieser Versuch nicht für den Schulunterricht. Bei kleineren Gefäßen könnte man das Volumen derselben mit Quecksilber bestimmen, wenn sie einen eisernen Hahn haben. Allein

kleine Gefäße sind dazu nicht gut brauchbar, weil sie im Verhältniß zu ihrem Volumen zu schwer sind. Hat man kein mit einem Hahne versehenes Gefäß und man will nur den Gewichtsunterschied zwischen einem mit Luft erfüllten und einem luftleeren Gefäße zeigen, so kann man sich sehr leicht ein solches aus jedem dünnen Glase mit enger Mündung herstellen, indem man dasselbe mit einem gut schließenden Kork verschließt, welcher vorher mittelst eines glühenden Drahtes 1 bis 2 Millimeter weit durchbohrt und dann eben geschnitten wird. Besser ist es, wenn man einen Kork von sehr reiner Schnittfläche ausucht, den man ganz eintreiben kann, weil es schwer ist, wieder eine so glatte Fläche zu

Fig. 193.



Fig. 194.



schneiden, wie sie die Korke gewöhnlich haben. Man bindet dann ein Stück Wachstaffet darüber und macht in denselben auf beiden Seiten neben der Öffnung zwei parallele kleine Schnitte, wie dieses Fig. 193 (und Fig. 194 in größerem Maßstabe) zeigt. Man erhält so ein einfaches und gut schließendes Ventil, wovon man auch in anderen Fällen Gebrauch machen kann. Das Gefäß wird behufs der Entleerung unter einen möglichst kleinen Recipienten gestellt und aus diesem die Luft ausgepumpt, worauf man das Gefäß abwägen kann. Ein solcher Ballon braucht nur etwa $\frac{1}{2}$ Liter zu fassen. Wenn man nur eine Handluftpumpe hat, so nimmt man das Gefäß noch kleiner, und es wird leicht sein, dasselbe mittelst Glas und Kautschukröhren mit der Luftpumpe zu verbinden. Warrentzapp hat hierfür die in Fig. 195 in halber Größe abgebildete Vorrichtung angegeben, wo das Ventil auf einem Kork in einer Glas-

röhre sitzt; die Glasröhre selbst wird durch die Röhre *a* in den Kork des auszupumpenden Gefäßes gesteckt und durch *b* mit der Luftpumpe verbunden. Steckt man *b* in das Gefäß, so kann der Apparat zum Comprimiren gebraucht werden. Die Korke können zur völligen Sicherheit mit Siegellack oder Siegellacklösung verkittet werden.

26) Fall der Körper im luftverdünnten Raume. Am einfachsten nimmt man hierzu eine etwa 2 bis 3 Fuß lange und 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll

weite Glasröhre, die oben und unten eine messingene gut aufge kittete Fassung erhält und einerseits mit einem Hahne versehen ist. Man bringt ein paar kleine Postpapierblättchen und ein Bleifügelchen hinein, und zeigt vor dem Auspumpen den Unterschied der Fallzeiten, indem man die Röhre wiederholt in die verticale Lage umkehrt. Ebenso verfährt man nachher. Eine Feder giebt allerdings größere Differenzen, erfordert aber eine mehr als zollweite Röhre und hängt sich gern an, da beim Luftzulassen oft etwas Fett in das Innere der Röhre kommt.

Wenn man bei der Wahl des Glases darauf sieht, daß es die Electricität gut isolirt, so kann man diese Röhre auch bei elektrischen Versuchen gebrauchen.

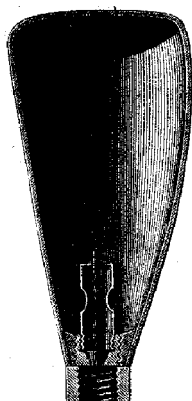
Man hat vielerlei Vorrichtungen, um durch dieselben die verschiedenen Körper oben in der Röhre zu gleicher Zeit loszulassen. Alle erfordern nach jedesmaligem Versuche ein erneutes Auspumpen, während man auf die angegebene Weise den Versuch rasch wiederholen kann, wenn die Erscheinung selbst beim ersten Male sich nicht ganz deutlich herausstellen sollte.

27) Wenn es sich nur darum handelt, Röhren oder Gefäße überhaupt für gewisse Zwecke vollkommen luftleer zu machen, so pumpt man dieselben aus, nachdem man in Papier gewickelten gebrannten Kalk hineingelegt hat, und füllt sie dann mit trockenem kohlensauren Gase, pumpt dieses wieder aus und verschließt die Röhren; der Rest von Kohlensäure wird nach einiger Zeit vom Kalle absorbirt.

Die Windbüchse. Die Einrichtung derselben im Allgemeinen darf 103 als bekannt vorausgesetzt werden, im Einzelnen sind aber diese Instrumente so abweichend gebaut, daß die Beschreibung irgend einer derselben ganz nutzlos wäre. Das Laden des Kolbens erfordert immer einige Vorsicht. Wenn man daher nicht weiß, wie viele Pumpenstöße ein solches Instrument erträgt, so ist es am rathsamsten, das Volumen des Kolbens durch hineingegossenes Del zu bestimmen und das Volumen der Pumpe nebst dem schädlichen Raume derselben damit zu vergleichen, sowie mit der Metallstärke des Kolbens, um wenigstens annähernd bestimmen zu können, wie weit durch eine bestimmte Anzahl Pumpenstöße die Luft im Kolben comprimirt wird und wie weit sie ohne Gefahr comprimirt werden kann. Häufig ist der schädliche Raum (d. h. der Raum zwischen dem Kolben der Pumpe und dem Ventil des Gewehrkolbens) so groß, daß er von selbst das Zuviel beim Comprimiren unmöglich macht. Bei diesem Geschäfte nimmt man das Querstück der Pumpenstange, Fig. 196 (a. f. S.), zwischen die Füße, nachdem der Gewehrkolben von dem Laufe ab- und an die Pumpe angeschraubt ist, und bewegt diesen sammt der Pumpenröhre auf und nieder, indem man beim Aufziehen jedesmal so weit hebt, bis man die Luft durch die Seitenöffnung der Röhre einzischen hört, und dann rasch niederstößt. Der Pumpenkolben darf nicht zu fest gehen, denn das Comprimiren ist schon an sich ermüdend. Nur

wenige Windbüchsen halten eine volle Ladung bis über 24 Stunden. Kömme man in den Fall, ein solches Werkzeug kaufen zu müssen, so sehe man nicht

Fig. 196.

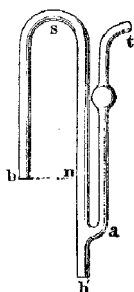


darauf, daß die äußere Form der Büchse möglichst getreu beibehalten sei, sondern auf möglichst einfache Construction mit nur einem Ventile und ohne Vorrichtung zum Abstellen der Stosstange; es muß also der Kolben vom Schloß abgeschraubt werden zum Laden. Es scheint besonders zweckmäßig, Ladung im Kolben zu lassen, wenn man das Instrument wieder auf ein Jahr bei Seite stellt. Wenn der Kolben angepumpt und der Lauf wieder aufgeschraubt ist, so bringt man zuerst einen leichten Papierpfropf in den Lauf und erst auf diesen die Kugel. Der Abzug ist wie bei einem gewöhnlichen Flintenschloß eingerichtet.

Der Heber.

Zur Demonstration der Wirkung des Hebers biegt man sich einen solchen aus einer Glasröhre; man füllt denselben durch den längeren Schenkel, indem man den kürzeren mit dem Daumen verschließt, und kehrt ihn dann in das zu entleerende Gefäß um, wenn man ihn

Fig. 197.



nicht etwa durch Saugen an der freien Oeffnung in Gang setzen will. Einen Heber mit Saugrohr, wie Fig. 197, sollte man jedenfalls auch haben, um dessen Gebrauch zu erläutern; er wird beim Aufsaugen bei *b'* mit dem Finger oder einem Kork verschlossen und man muß dabei vorsichtig saugen, weil die Flüssigkeit zuletzt im Saugrohr sehr rasch steigt. Da jedoch ein solcher

Heber aus Glas schon schwieriger zu machen ist, so kann man sich auf die in Fig. 198 angegebene Weise einen solchen leicht machen, wenn man einem kölnisch-wasser-Glase den Boden absprengt, den Rand etwas ausfeilt und einen Kork fest hineinpast.

Statt des unter No. 14 bei der Luftpumpe angeführten Versuchs kann man sich vom Blechner auf ein Trinkglas, Fig. 199, einen Deckel mit zwei Röhren Fig. 198.

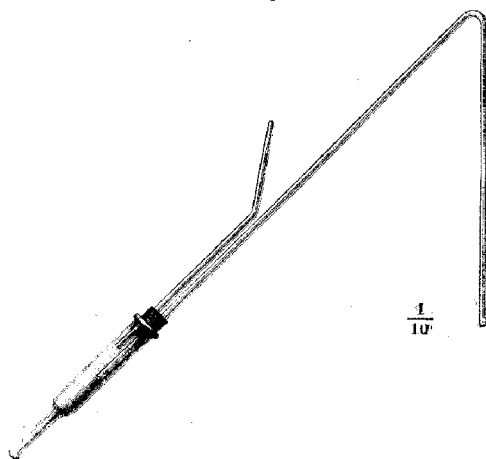


Fig. 199.

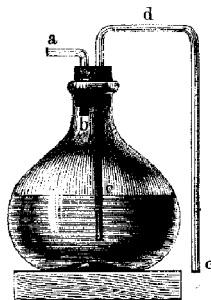


Fig. 200.

Fig. 202.

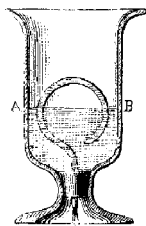


Fig. 203.

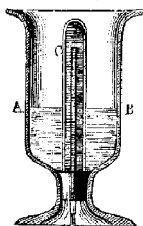


Fig. 201.



chen von einigen Linien Weite machen lassen und diesen auf das Glas luftdicht aufkitten. In das eine Blechröhrchen *b* fittet man sodann eine heberförmig gebogene Glasröhre; durch das andere Blechröhrchen *a* füllt man Wasser ein. Wird nun der Heber

angesaugt, so fließt er so lange, als *a* offen ist; hält man aber *a* mit dem Finger zu, so kommt er bald zum Stillstehen. Man kann übrigens die Einrichtung auch so treffen, daß man durch den Pfropfen eines Gefäßes *b*, wie in Fig. 200, zwei Röhren führt, wovon *ab* zum Lufteinlassen und *cde* als Heber dient. Den Tantalusbecher kann man von einem Blechner ebenfalls leicht nach Fig. 201 anfertigen lassen, wenn man die Spielerei überhaupt haben will. Der Heber dient dabei als Handhabe und mündet bei *a* am Boden des Bechers, während die andere Oeffnung *l* mit dem Fuße desselben gleich steht. Wenn man

einen gläsernen Becher hat, in dessen Boden eine Oeffnung ist, so kann man mittelst Kork in derselben, wie in Fig. 202 (a. v. S.), einen gekrümmten Heber befestigen, oder, wie in Fig. 203 (a. v. S.), nur eine gerade Röhre und über diese eine weitere oben verschlossene Röhre stülpen, die etwas länger ist als die innere, jedenfalls aber noch etwa $\frac{1}{4}$ Zoll niedriger als der Becher. Hierzu können Medicingläser, deren Boden abgesprengt wird, verwendet werden, wenn man den Hals in einen hölzernen Fuß fittet. In allen diesen Fällen fängt der Heber von selbst an zu fließen, wenn man das Gefäß bis über den Heber mit Flüssigkeit füllt.

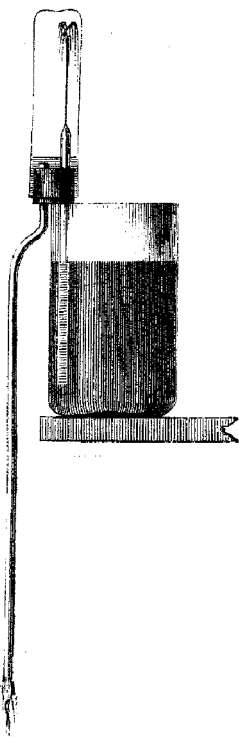


Fig. 205.



Einen unterbrochenen Heber kann man sich einfach dadurch verschaffen, daß man von einem kölnischwasser-Glase den Hals sammt dem oberen Theile absprengt und durch einen guten Kork die beiden Heberöhren hineinführt, wovon die kürzere in eine Spitze ausgezogen ist und weiter hineinragt als die längere, Fig. 204; saugt man den Heber an, und setzt dieses so lange fort, bis die Oeffnung der längeren Röhre mit Wasser bedeckt ist, so hat man im Innern des Glases einen Springbrunnen.

Da der Heber überall angewendet wird, um aus größeren Gefäßen Flüssigkeiten zu entleeren, so ist es manchmal zweckmäßig, an die Ausflußöffnung ein Stück Kautschukrohr zu stecken und dieses mit einer aus Stahlbraht gebogenen Klemme, deren Schenkel sich kreuzen, Fig. 205, zu verschließen.

Fig. 206.



Mohr hat hierfür eine bequeme, in Fig. 206 abgebildete Klemme angegeben; sie ist aus hart geschlagenem Messingdraht gebogen und öffnet sich durch Druck auf beide Endpfe.

Der Stechheber ist eine gläserne oder blecherne, etwa 1 bis 2 Zoll 105

Fig. 207. weite Röhre, Fig. 207, welche einerseits in ein engeres, oben ebenes, mit dem Daumen verschließbares Stück, andererseits in eine ziemlich feine Spitze ausläuft, deren Oeffnung noch weniger als eine Linie Durchmesser hat. Sein Gebrauch ist bekannt. Sehr oft bedient man sich kleinerer Instrumente der Art unter dem Namen Pipette, um Flüssigkeiten aus einem Gefäße aufzufangen, wenn man nur wenig daraus entfernen will, z. B. wenn man etwa zu viel Säure in einen Voltaischen Becher gegossen hätte, oder um kleine Portionen Flüssigkeit irgendwo zuzusetzen. Man kann nämlich die in der Kugel A, Fig. 209, enthaltene Flüssigkeit tropfenweise aus der feinen Spitze B ausfließen lassen, wenn man den Daumen auf der Oeffnung C ein wenig lüftet.



Fig. 208



Auf das gleiche Princip, wie der Stechheber, gründen sich eine große Zahl verschiedener Spielereien, wie der Zaubertrichter, der Delkrug der Wittwe, das Sieb der Vestalin, die Zauberkanne, wovon man das eine oder das andere Stück von jedem Blechner machen lassen kann. Der Zaubertrichter, Fig. 210, besteht aus zwei Trichtern in einander, welche zwischen sich einen Raum übrig lassen, in den die ganz schmale kreisrunde Oeffnung bei a führt; diese Oeffnung wird gebildet von den Spitzen der beiden Trichter, die am oberen Rande luftdicht mit einander verlöthet sind. Die Handhabe ist zum Theil hohl und steht oberhalb mit der inneren Höhlung in Verbindung; sie hat bei b eine kleine Oeffnung. Man füllt den Trichter, indem man die Spitze bei c verschließt, die Flüssigkeit bringt nun auch in den Zwischenraum; hält man aber

Fig. 209.

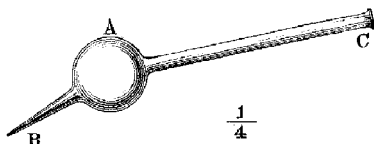
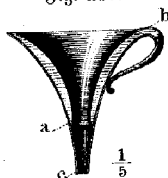


Fig. 210.



die Oeffnung bei b zu, so fließt die Flüssigkeit aus dem Zwischenraume nicht ab, und man kann sie erst nachher durch zeitweises Lüften des Fingers über b in beliebigen Portionen abfließen lassen.

Der Dellkrug der Wittwe, Fig. 211, erklärt sich danach von selbst.

Die Zanbertanne, Fig. 212 und 213, hat ebenfalls bei *b* in der Handhabe eine Oeffnung, sie wird aber, nachdem man den nur angesteckten Boden *m* weggenommen, durch eine im Boden *n* befindliche, mit einer Schraube verschließbare Oeffnung gefüllt. Die Ausgüßöffnung darf natürlich nur enge sein.

Fig. 211.



Wird eine solche Tanne, wie Fig. 213 im Grundrisse zeigt, durch eine Scheidewand getrennt, so kann man zweierlei Flüssigkeiten durch die Bodenöffnungen *a* und *a'* einfüllen und, je nachdem man die Oeffnung *b* oder *b'* in der Handhabe öffnet, die eine oder die andere ausfließen lassen.

Fig. 212.

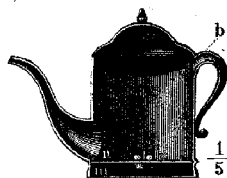


Fig. 213.



Fig. 214.



Das Sich der Vestalin, Fig. 214, ist ein Gefäß von Blech, dessen Boden aus einem feinen Siebe besteht. Flüssigkeiten halten in demselben, so lange der Hals durch den Pfropf verschlossen bleibt.

Daß man bei dem Unterrichte viele Zeit übrig haben müßte, wenn man alle dergleichen Spielereien zeigen wollte, selbst wenn man dieselben hätte, ist wohl für sich klar; dagegen darf die Anwendung des Stechhebers als Pipette nicht umgangen werden, da man beim Unterrichte selbst mannigfaltigen Gebrauch davon macht. Die einfachste Art, sich eine solche Pipette zu verschaffen, besteht darin, daß man eine etwa 4 bis 5 Linien weite Glasröhre an dem einen Ende in eine Spitze auszieht und am anderen Ende die Oeffnung durch Glühen sich etwas verengern läßt, um sie bequem mit dem Zeigefinger schließen zu können. Die Röhre selbst wird etwa 5 bis 6 Zoll lang genommen und die ausgezogene Spitze 1 bis 1½ Zoll.

Der Heronsbrunnen. Am einfachsten läßt sich derselbe aus etwas starken Glasröhren, wie Fig. 215, zusammensetzen. Man zieht hiefür die Glasröhren an der Lampe etwas conisch, um sie fester in die wohl ausgefrachten und sorgfältig gebohrten Rörcke einstecken zu können; man kann hierbei auch den Trichter *f* aus einer Glasröhre und einem Gefäße zusammensetzen, dessen Boden abgesprengt wurde. Aus Blech läßt sich ein Heronsbrunnen sehr einfach nach Fig. 216 anfertigen. Die beiden Gefäße *A* und *B* haben jedes unterhalb eine

mit Kork verschließbare Oeffnung *a*, *b*; *A* wird durch diese mit Wasser gefüllt, *B* dadurch nach dem Versuche entleert. Außer den beiden erforderlichen Röhren

Fig. 215.

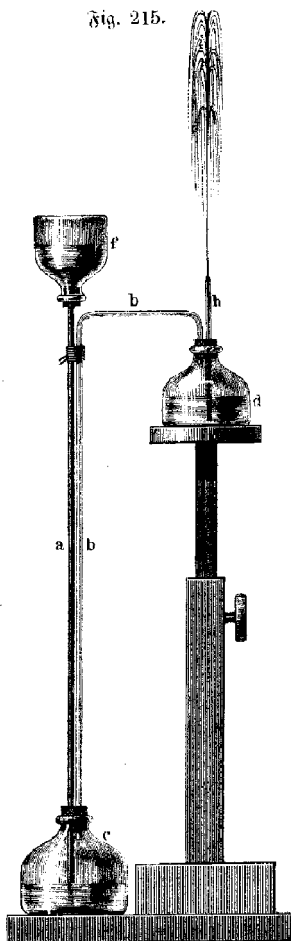
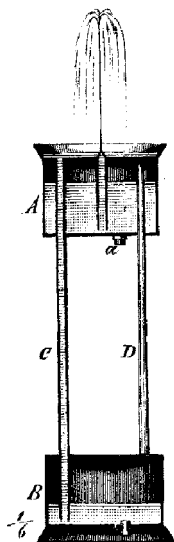


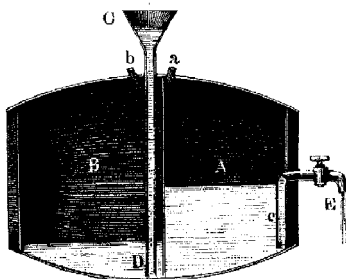
Fig. 216.



C und *D* kann man die zwei Gefäße zu besserer Festigkeit durch noch zwei den Röhren ähnliche Säulen verbinden, die jedoch in keiner Verbindung mit den Gefäßen stehen. Man hat bei dieser Form den Vortheil, daß das ausgespritzte Wasser sich wieder in dem Becken des oberen Gefäßes sammelt und den Druck im unteren ausübt.

Auf dem gleichen Principe wie der Heronsbrunnen beruht auch die Zaubertonne, Fig. 217. Sie ist in zwei Theile getheilt und die Scheidewand hat oberhalb eine Oeffnung. Durch

Fig. 217.

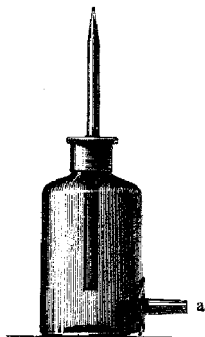


das verschließbare Loch *a* wird in *A* Wein gefüllt, welcher durch den Druck der Wassersäule in der Röhre *CD* durch den Hahn *E* herausgetrieben wird, indem die Röhre *c* des Hahns bis in den unteren Theil von *A* reicht. Die comprimirte Luft tritt durch die Oeffnung der Scheidewand aus *B* in *A* und durch die verschließbare Oeffnung *b* kann *B* nach dem Versuche entleert werden. Daß man auch hier nicht beide Formen nöthig habe, ist klar.

- 107 Pumpen.** Saugpumpen und Druckpumpen, letztere mit und ohne Heronsball, kauft man am besten fertig, und zwar die Röhren von Glas. Da hierbei kein Fett angewendet werden kann, um die Durchsichtigkeit des Glases nicht aufzuheben, so sind die Rößchen mit Faden unwickelt, und müssen daher vor dem jedesmaligen Gebrauch in Wasser gelegt werden, damit sie aufquellen und gehörig schließen. Hat man die Wirkung der Druckpumpe in Verbindung mit einem Heronsball erklärt, so handelt man die Anwendung derselben auf die Feuerspritze am besten an einer solchen selbst ab, statt ein Modell derselben anzuschaffen. Schafft man aber ein solches an, so muß auch der Heronsball aus Glas bestehen, und die Spritze sollte, damit man das Spiel der einzelnen Theile besser sehen kann, eine Saugspritze sein. Im letzterem Falle aber nimmt man als Saugrohr Glasröhren durch vulkanisirten Kautschuk verbunden; denn lederne sind im Kleinen wie im Großen stets undicht.

Wenn man übrigens einen gläsernen Heronsball hat, der wie in Fig. 218 unten mit einem Ventil versehen ist, welches auf einer metallenen Röhre sitzt,

Fig. 218.



so bedarf man keines weiteren Spritzenmodells. Man verbindet die Röhre *a* mittelst eines Gummischlauches mit der Steigröhre einer Druckpumpe und kann so die Wirkungsweise des Heronsballs ganz gründlich erläutern. Zu besserer Befestigung wird die Röhre *a* erst in ein der Form des Glases angepaßtes Blech gelöthet und dieses auf das Glas gekittet. Anstatt die Spritzröhre in eine Spitze ausziehen, kann man auch hier eine Messingklappe aufsitzen und das eingehohte Loch durch feine Reibahlen von innen heraus so weit machen, daß durch einen einzigen Kolbenstoß der Heronsball nur kurze Zeit noch fort fließt.

- 108 Der intermittirende Brunnen.** Ganz einfach erhält man denselben, wenn man an ein Gefäß von Glas *A*, Fig. 219, eine Fassung *B C* von Blech machen läßt, durch welche das beiderseits offene Rohr *D* geht, das unterhalb einen kleinen Ausschnitt hat; außerdem hat die Fassung noch die kleinen Röhren *a*, *b*. Ein zweites blechernes Gefäß *E* bildet oberhalb ein Becken und trägt in der Mitte die Röhre *G*, welche am Boden des Beckens auch eine Öffnung hat und auf die die Röhre *D* gesteckt wird, nachdem *A* durch sie mit Wasser gefüllt ist. Die kleine Öffnung *h*, welche vom Boden des Beckens in das Gefäß *E* führt, läßt weniger Wasser in *E* ablaufen, als *a* und *b* zuführen. Im Boden des Gefäßes *E* ist eine durch Kork verschlossene Öffnung, um dasselbe entleeren zu können. Sobald das Gefäß *A* auf die Röhre *G* gesteckt ist, fließt das Wasser aus *a*, *b* ab und sammelt sich in dem Becken, weil *h* kleiner

ist als *a* und *b* zusammen; dadurch wird aber die Oeffnung der Röhre *D* verschlossen, es kann keine Luft mehr durch *D* in *A* gelangen und die Röhren

Fig. 219

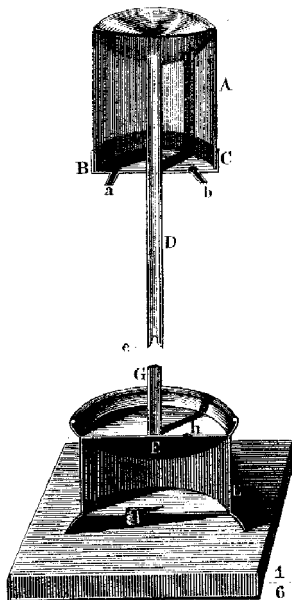
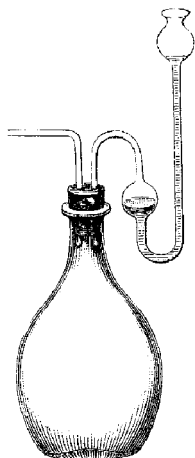


Fig. 220.



a, *b* hören so lange zu fließen auf, bis durch den andauernden Abfluß bei *h* die Oeffnung von *D* wieder frei wird. Daß man diesen Zeitpunkt abwartet und dann dem Brunnen wieder zu fließen befiehlt, ist nur beim Taschenspieler üblich, wo aber das Ganze maskirt wird.

Das Manometer. Um den 109

Druck der in einem Gefäße eingeschlossenen Gase im Zustande der Ruhe oder der Bewegung beobachten zu können, hat man entweder offene oder geschlossene Manometer, die manchmal auch den Namen Windwage führen, z. B. bei den Orgelbauern.

Unter den offenen Manometern muß auch die Welter'sche Sicherheitsröhre angeführt werden (Fig. 220). Sie dient zunächst dazu, um bei Gasentwicklungen die Gefäße vor dem Zerplatzen zu sichern, indem das Gas die Flüssigkeit austreiben kann, welche sich dann im Trichter ansammelt. Aus dem Unterschiede im Stande der Flüssigkeiten kann man aber auch den Druck erkennen, den das Gas auf die Wände des Gefäßes ausübt. Außerdem kann man, wenn die Gasentwicklung, also der Druck nachläßt, durch Nachfüllen von Flüssigkeit, z. B. von Schwefelsäure bei Wasserstoffgasbereitung, den äußeren Druck so sehr verstärken, daß die Säure durch den anderen Schenkel in das Gefäß fließt, und dadurch die Gasentwicklung wieder in Gang bringen. Ähnlich sind die Manometer, die man an Gasometern und Feuchtgasleitungen aufschraubt, um den darin vorhandenen Druck zu messen; da aber hier das Messen die Hauptsache ist, so müssen sie mit einer Scale versehen sein. Fig. 221 (a. f. S.) zeigt ein solches Manometer, wo die Scale an der aufsteigenden Röhre befestigt ist.

Je nach Umständen wird eine Röhre mit Kortstropfen, Fig. 222, und Scale dieselben Dienste thun. Größere Gefäße, um das doppelte Ablesen zu vermei-

Fig. 221.

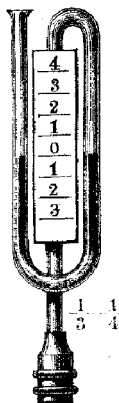


Fig. 222.

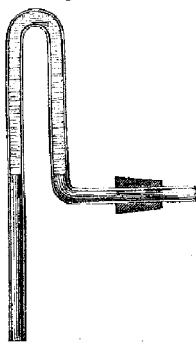
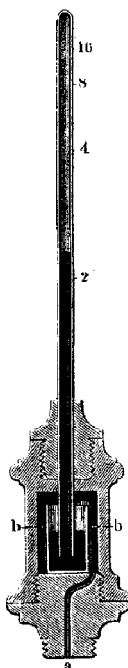


Fig. 223.



den, sind für physikalische Zwecke überflüssig. Als Flüssigkeit dient hier gewöhnlich Cochenillwasser, das mit etwas Schwefelsäure versetzt ist.

Geschlossene Manometer werden gewöhnlich nur bei höherem Drucke gebraucht, der Druck wird bei ihnen durch die Volumsverminderung einer in einer Glasröhre eingeschlossenen Portion atmosphärischer Luft nach dem Mariotte'schen Gesetze bestimmt. Fig. 223 zeigt ein solches Manometer, welches auf die Gas- oder Dampfleitung oder auf den Dampfkessel aufgeschraubt werden kann, oder durch einen Hahn abschließbar mit den Röhren der Luftpumpe in Verbindung steht, wenn diese auch zum Comprimiren gebraucht werden soll. Es besteht in einem Gefäße *b b*, welches durch den Canal *a* mit dem Gase in Verbindung steht und ein Gefäß mit Quecksilber enthält; in *b b* wird mittelst einer metallenen Fassung eine starke Glasröhre von etwa 2 Linien innerer Weite so eingeschraubt, daß sie bis in das Quecksilber reicht. Auf der Glasröhre ist eine Theilung nach Atmosphären. Der Druck des Gases treibt das Quecksilber in die

Höhe und muß dadurch die in der Röhre eingeschlossene Luft zusammenpressen; ist sie bis auf die Hälfte zusammengedrückt, so beträgt der Druck zwei Atmosphären u. s. w. Ein ganz einfaches Manometer der Art ist bereits bei den Luftpumpenversuchen in §. 102 Nro. 21 beschrieben.

Man bedient sich auch der Manometer, um den Druck von tropfbaren Flüssigkeiten auf die Wände ihres Gefäßes zu bestimmen, z. B. bei hydraulischen Pressen.

110 Die Zündmaschine. Die bei derselben zur Anwendung kommende Flüssigkeit besteht aus mit sechsmal so viel Wasser (dem Gewichte nach) ver-

dünnter Schwefelsäure; statt eines Zinkstücles nimmt man besser aufgerolltes Zinkblech der größeren Oberfläche wegen. Die Menge der Flüssigkeit muß so groß sein, daß sie bei ihrem höchsten Stande bis beinahe an die metallene Decke reicht,

Fig. 224.

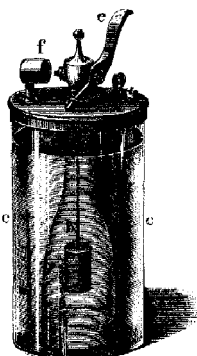


Fig. 224, um möglichst hohen Druck zu erhalten. Man muß keine zu kleine Maschine wählen und besonders darauf sehen, daß der Gasbehälter groß genug ist, da sie dem Physiker wohl mehr als bequeme stets fertige Vorrichtung zur Entwicklung kleiner Quantitäten von Wasserstoffgas, denn als Blindmaschine dient. Für diesen Zweck ist es daher auch bequem, wenn die Ausströmungsrohr am Gehäuse des Hahns sich befindet, damit man statt derselben ein anderes Röhrchen einschrauben könne, an welches mittelst Kautschuk eine gläserne in die pneumatische Wanne führende Röhre befestigt wird.

Was den Schluß des Hahns betrifft, so ist er sonst allerdings sicherer, wenn die Gasröhre in seiner Pängenaxe sich befindet und derselbe also wie Fig. 225 gebohrt ist.

Außer dem Hahnverschluß, der übrigens jedenfalls der bequemste ist, giebt es noch einige andere Arten, die jedoch wenig in Gebrauch gekommen sind. Man muß nur beim Ankaufe den Hahn gehörig untersuchen, wobei man darauf zu sehen hat, ob er gehörig schließt, ohne zu fest zu gehen, und ob er nicht nach einigen raschen Drehungen Spuren von Reibung am Gehäuse zeigt. Nach frischem



Füllen, sowie wenn die Maschine längere Zeit nicht gebraucht wurde, darf man des darin enthaltenen Knallgases wegen den Gasstom nicht sogleich anzünden; man läßt daher den Gasbehälter wiederholt gegen ein vor den Platinschwamm gehaltenes Papier sich entleeren. Nach längerem Stehen muß der Platinschwamm durch die auf andere Weise angezündete Gasflamme vorerst ausgeklopft werden, wenn er wieder zünden soll.

Weil eine solche Vorrichtung als Gasbehälter so viele Bequemlichkeiten bietet, so bekommt man jetzt deren ganz große, mit Gasbehältern von 2 bis 3 Litres Gehalt bei den Mechanikern, die aber gar nicht mit Platinschwamm versehen sind. Man kann eine gleiche Vorrichtung auch für andere Gase, wie z. B. kohlensaures Gas, treffen. Wollte man nun zu diesem Zwecke sich mit wenig Kosten einen solchen Apparat selbst zusammensetzen, so könnte dieses, nach Bar-

rentrapp, auf die in Fig. 226 und 227 dargestellte Weise geschehen. Als äußeres Gefäß dient ein großes Zuckerglas mit einem Blechdeckel; letzterer hat

Fig. 226.

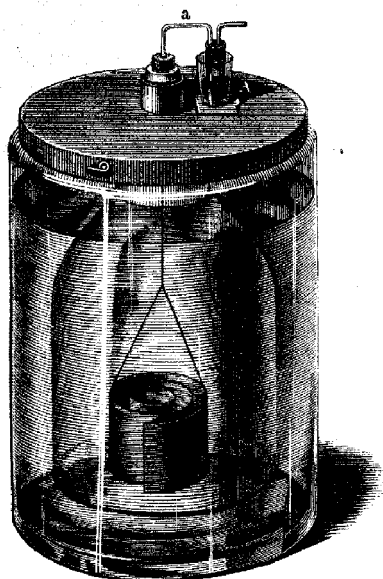
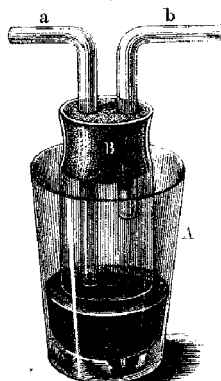


Fig. 227.



an zwei gegenüber liegenden Stellen je ein Paar Löcher, um durch einen Stift den Deckel unter dem Rande des Glases festzuhalten. In der Mitte hat der Deckel eine Dille, in welche mittelst Kork der Hals des inneren Gefäßes gesteckt wird, welches aus einer Glasflasche besteht, der man den Boden abgesprengt hat. In dem Halse dieser Flasche steckt in einem Kork das Gasentwickelungsrohr *a*; es führt in das Gefäß *A*, welches in Fig. 227 in beinahe natürlicher Größe dargestellt ist. Die Röhre *a* führt durch Kork in die weite Glasröhre *B* und ist noch um einige Linien kürzer als diese; eine zweite Röhre *b* ragt nur wenig unter dem Pfropfe hervor und soll das Gas abführen. Die Röhre *B* steht in einem kleinen conischen Trinkglase, in welchem sich so viel Quecksilber befindet, daß die Röhre *a* mit verschlossen wird, wenn das Glas *A* auf dem Deckel der Maschine steht, wie in Fig. 226. Allein unter dem Plaze von *A* ist ein Loch im Deckel und *A* steht nur auf einem kleinen Bleche, welches das Loch deckt; nimmt man das Blech weg, so kann man das Glas *A* in das Loch sinken lassen, und letzteres ist gerade so weit, daß *A* so tief einsinkt, um wohl die Oeffnung der Röhre *a*, nicht aber die Röhre *B* aus dem Quecksilber zu

bringen
Gläser

kleinem
kommt
feinem
Das
hat, B
blase 2

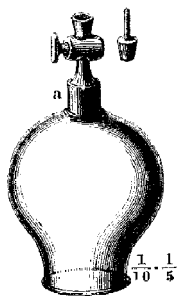
selben
Der
einem
so un
der G
meist
mitge
Parag
wenn

man
bestrie
nung
wird.
Speie
die an
komm

bringen, worauf das Gas durch *b* ausströmt. Beim Verschluss hebt man das Gläschen *A* und schiebt das Blech wieder darunter.

Der Luftballon. Zu Versuchen im Kleinen dienen am besten die kleinen Ballons aus Goldschlägerhaut, wie man sie fast überall zu kaufen bekommt. Man bindet sie zu dem Zwecke an ein kurzes Stückchen Federkiel mit seinem Faden und richtet ein kleines Pföpfchen aus Kork zum Verschlusse her. Das Wasserstoffgas sammelt man in einer Glasglocke, welche oben einen Hahn hat, Fig. 228, so wie man sie zum Mischen der Gase, zum Füllen einer Schweinsblase u. gewöhnlich braucht. Solche Glocken findet man überall, da man sich

Fig. 228.



derselben bedient, um Lichter im Freien darin brennen zu lassen; für diesen Zweck haben sie einen gläsernen hohlen Stiel, den man in passender Entfernung von der Glocke absprengt. Das Hahnstück sollte in die Hülse *a*, welche mit gewöhnlichem Kittfiegellack aufgekitet wird, eingeschraubt sein und auch oberhalb wieder in ein Gewinde endigen. Auf den Hahn richtet man einen guten Kork mit einem Federkiel. Hat man die erforderliche Quantität Wasserstoffgas und ist dieses gehörig abgekühlt, so streicht man mit der Hand alle atmosphärische Luft aus dem Luftballon, setzt ihn auf den Federkiel und drückt das Gas in den-

selben, indem man die Glasglocke langsam in die pneumatische Wanne einsenkt. Der gefüllte Ballon wird mit dem kleinen Korkpföpfchen geschlossen und an einem Faden befestigt entlassen. Sollte er mit Wasser bespritzt worden sein, so muß er später aufgeblasen getrocknet werden. Direct das Wasserstoffgas aus der Entbindungsflasche in den Luftballon zu leiten, geht nicht wohl an, weil es meist warm ist und darum zu viel Wasserdampf mitbringt, ganz abgesehen von mitgerissener Schwefelsäure. Wohl aber kann man dazu den im vorhergehenden Paragraphen erwähnten, einer Zündmaschine nachgebildeten Apparat verwenden, wenn er groß genug ist, oder ein Gasometer.

Solche Ballons sollen aus dem Lunion der Schafe gemacht werden, indem man dieses Häutchen mittelst seiner eigenen Feuchtigkeit über einer mit Talg bestrichenen hölzernen Form zusammenklebt und trocknen läßt, worauf die Deffnung über einen Federkiel in wieder angefeuchtetem Zustande zusammengebunden wird. Fließen lassen sich solche Ballons einfach dadurch, daß man mittelst Speichel ein anderes Stückchen solcher Haut auf den Riß klebt. Ebenso wird die äußerste feine Haut vom Blinddarme der Ochsen behandelt. Indessen bekommt man jetzt für wenige Groschen Ballons aus Gummi, die mit Wasser-

stoffgas ebenfalls steigen und das Gas ebenso lange halten, als jene aus Goldschlägerhaut.

Noch leichter sind Ballons aus Collobodium; sie steigen, wenn sie noch so klein sind.

Man erhält solche Ballons, wenn man in einem bauchigen Glase mit etwa fingerweiter Oeffnung und kurzem Halse von 6 bis 12 Unzen Inhalt flüssiges Collobodium umschüttet, bis es die Wände überall befeuchtet hat, und das flüssige wieder ausgießt. Nach dem Trocknen löst man die dünne Haut vorsichtig vom Halse des Glases, bindet sie um eine dünne Glasröhre und saugt langsam die Luft aus, wodurch sich dann nach und nach die ganze Haut vom Glase löst und aus demselben gezogen werden kann. Mit Leuchtgas steigen solche Ballons nur, wenn sie etwa achtmal so viel Gas fassen, als für Wasserstoffgas erforderlich ist.

Auch Montgolfieren kann man im Kleinen herstellen und zum Steigen bringen; sie müssen aber aus sehr feinem Papier verfertigt werden und mindestens $1\frac{1}{2}$ bis 2 Fuß Durchmesser haben. Unterhalb erhalten sie dann einen 5 bis 6 Zoll weiten Ring von dünnem Draht. Um sie steigen zu lassen, hält man sie an einem in die Spitze eingeklebten Faden mit einer Hand und breitet sie mit der anderen nach allen Richtungen gut aus; das Erwärmen geschieht

Fig. 229. durch ein zusammengedrehtes in Weingeist getauchtes Stück Fließpapier, mit welchem man rasch tief in den Ballon hineinfährt.



Die Diffusion der Gase.

Man zeigt solche gewöhnlich mit kohlensaurem Gase, welches man aus einem damit gefüllten Cylinder in einen größeren mit atmosphärischer Luft gießt. Ein Draht wird umgebogen und auf das kurze Ende ein Stückchen Wachskerze gesteckt. Wird das angezündete Licht in den weiteren Cylinder gesteckt, so findet man an dessen Erloschen, daß auf dem Boden des Cylinders eine Schicht kohlensaures Gas sich befindet; wiederholt man den Versuch nach einiger Zeit, so findet man weniger Kohlensäure, und bald brennt das Licht fort. Man muß aber bei dem Umgießen der Kohlensäure, wodurch man zugleich ihr größeres specifisches Gewicht zeigt, die beiden Cylinder gegen einander neigen und langsam ausgießen, weil sich die Kohlensäure sonst sogleich so weit mit atmosphärischer Luft mengt, daß das Licht fortbrennen kann. Verbindet man die Flasche mit Schweinsblase, so dauert es zwar länger, bis alles kohlensaure Gas verschwunden ist, aber dennoch erfolgt dieses nach einiger Zeit.

Man kann auch den Versuch so anstellen, daß man zwei Glasgefäße mit gleichen Oeffnungen ausucht, das eine mit Sauerstoffgas, das andere mit

Wasserstoffgas füllt, sie, das Wasserstoffgas nach oben, auf einander setzt und dann durch einen Streifen Kautschuk verbindet; nach einiger Zeit hat man in beiden Knallgas, was man durch Verpuffen einer Portion zeigen kann. Noch bequemer läßt sich der Versuch auf die in Fig. 229 abgebildete Weise zeigen, wo die Gefäße mit Hähnen versehen sind und auf einander geschraubt werden können.

Absorption der Gase. 1) Wenn man zerfallenen Aethal und gestoßenen Salmiak mengt und in einer kleinen, zur Hälfte damit gefüllten Retorte mittelst der Weingeistlampe erhitzt, so entwickelt sich Ammoniakgas, das man in einer etwa fingerweiten einerseits zugeschmolzenen Glasröhre über Quecksilber auffängt. Das Quecksilber kommt in ein niedriges Trinkglas, und man bedarf also zum Versuche nur wenig davon; 2 bis 3 Pfund reichen aus. Verschließt man die gefüllte Glasröhre mit dem Finger und taucht sie dann in kaltes Wasser, so wird das Gas von letzterem sehr rasch absorbiert.

Für das Auffangen von Gasen über Quecksilber bekommt man jetzt bei denjenigen, welche mit chemischen Geräthen handeln, sehr bequeme Quecksilberwanne aus Porzellan, welche vermöge ihrer zweckmäßigen Form nur wenig Quecksilber erfordern. Man kann dieselben noch in ein dickes, nur wenig größeres Brett einlassen und dieses mit einem Rahmen umgeben, so daß man vor Verlust des Quecksilbers vollkommen gesichert ist.

2) Entwickelt man mittelst Kreide und Salzsäure Kohlensäure und fängt sie ebenso auf, so kann man ein kleines Stückchen gut ausgeglühte Kohle mit einem aus Draht gebogenen federnden Zängchen fassen, glühend unter das Sperr-Quecksilber tauchen und so in das mit Kohlensäure gefüllte Gefäß bringen. Die Kohle absorbiert rasch einen großen Theil des Gases. Eben weil die Absorption sehr rasch geht, darf man die Kohle nach dem Ablöschen nicht wieder unter dem Quecksilber vorkommen lassen, da sie sonst atmosphärische Luft absorbiert, wodurch der Versuch mit Kohlensäure weniger augenfällig wird. Die Kohle wird dabei auch von Quecksilber ganz durchdrungen, weswegen es gut ist, sie nachher zu zerstoßen, um dieses wieder zu erhalten. Bringt man die Kohle, ohne sie zu zerstoßen, oder überhaupt ein Stückchen nicht frisch ausgeglühter Kohle durch Gewicht unter Wasser und setzt sie so unter den Recipienten einer Luftpumpe, so entwickelt sich beim Auspumpen das Gas wieder in Blasen.

Hauchbilder. Um die Moser'schen Hauchbilder zu erhalten, giebt es sehr verschiedene Verfahrenskarten, unter denen folgende sicher zum Ziele führen.

1) Man schneide aus einem Kartenpapier eine beliebige Figur heraus und lege das Papier auf eine Glasplatte, die man nun behaucht; ist der Beschlag wieder abgelaufen, so entfernt man das Papier und behaucht die Platte noch-

mals; die früher nicht bedeckten Stellen condensiren den Wasserdampf anders als die bedeckten, und dadurch wird die Figur derselben sichtbar. Der Versuch kann öfter und nach längerer Zeit noch mit Erfolg wiederholt werden.

2) Auf eine gut mit frisch geglühtem Trippel abgeriebene Glasplatte oder auf eine für Daguerrotypie gepugte Platte stellt man ein Petschaft von Metall oder Stein, welches nicht frisch gereinigt wird, und läßt dasselbe einige Stunden darauf stehen. Die Platten zeigen beim Behauchen das Bild des Stempels. Es kann auch umgekehrt der Stempel frisch gereinigt sein anstatt der Platte. Auch ohne frische Reinigung erhält man mitunter Bilder, jedoch nur nach längerer Zeit. Temperatur-Differenz beider Körper befördert die Abbildung. Anstatt die Metallplatte zu behauchen, kann man sie in dem Daguerre'schen Quecksilberapparate dem Quecksilberdampfe aussetzen, wodurch man die Bilder bleibend erhält. Setzt man die Bilder den Joddämpfen aus, so werden sie sichtbar, oder treten wenigstens hervor, wenn man die jodirte Platte nachher an das Tageslicht bringt. Münzen sind zu diesen Versuchen weniger geeignet als Petschäfte, besonders wenn letztere auf einer reinen Fläche nur eine einfache Zeichnung oder Schrift tragen.

3) Man schreibt mit einem hölzernen Stäbchen auf einer Glasplatte oder man zieht mit einem an einem Stäbchen hängenden Wassertropfen Figuren darauf, ohne daß das Wasser an der Platte hängen bleibt; auch hier treten die Figuren beim Anhauchen hervor.

Zweites Capitel.

Versuche über die Bewegung.

A. Versuche über verschiedene Arten der Bewegung.

- 115 Einer der wichtigsten Sätze über die Schwere der Körper ist der, daß alle Körper gleich schnell fallen. Am einfachsten zeigt man dieses, indem man ein Papier, das etwas kleiner ist als eine Münze, auf diese legt und nun die Münze flach fallen läßt. Sie kommen mit einander an, während einzeln die Differenz groß ist.

- 116 **Der freie Fall.** Die Gesetze des freien Falles werden an der Atwood'schen Fallmaschine gezeigt, deren Einrichtung im Allgemeinen aus Fig. 230 her-

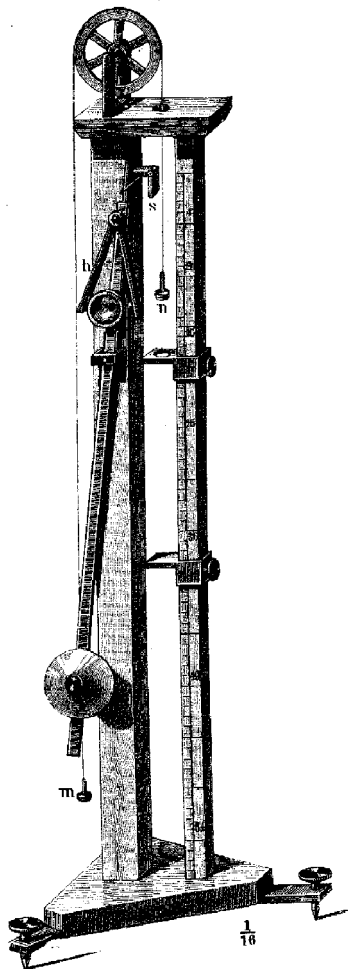
vorgeht
einem



Seuf
mitte
Verfu
durch

vorgeht. Bei der Anschaffung derselben muß man darauf sehen, daß sie mit einem eignen Secundenpendel versehen sei, welches das fallende Gewicht aus-

Fig. 230.



löst. Allerdings kann man die Auslösung nach irgend einem anderen Pendel von Hand bewirken und man erwirbt sich bald die hierzu erforderliche Übung; allein diese verliert man auch immer wieder von Jahr zu Jahr, und es ist daher vor dem jedesmaligen Gebrauche stets eine neue Einübung erforderlich. Die Rolle muß in hohem Grade beweglich sein und für diesen Zweck an stählernen Spizen laufen; um ihre leichte Beweglichkeit zu erhalten, reinigt man ihre Lager und die Spizen nach dem Gebrauche sorgfältig von Fett, damit sie nicht verharzen, und ölt dieselben unmittelbar vor dem Versuche frisch ein. Frictionsrollen vertheuern den Apparat sehr und sind bei sonst guter Arbeit nicht nöthig. Ist die Rolle eine gleich dicke Scheibe, so muß ihr halbes Gewicht zu den beiden Gewichten der Maschine addirt werden, wenn man aus dem Verhältnisse der Scalentheile zur Weite des freien Falles das beschleunigende Zulagegewicht berechnen will; für durchbrochene Rollen, welche freilich leichter sind, läßt sich keine solche Regel angeben und man muß das Zulagegewicht durch Versuche bestimmen. Es ist daher am zweckmäßigsten, die Rolle als Scheibe zu nehmen. Um die Scale, deren Theile etwa einen Zoll betragen, senkrecht zu stellen, bringt man den durchbohrten Anhalter unten an die Scale und benutzt das Fallgewicht als

Senkel; man handhabt die Stellschrauben des Fußes so, daß das Fallgewicht mitten über der Oeffnung des Anhalters steht. Bevor man zum wirklichen Versuche schreitet, muß noch die Reibung ausgeglichen werden; es geschieht dieses durch Blech- oder Papierscheiben, wie Fig. 231 (a. f. S.), von verschiedener

Diese, sie werden auf das Fallgewicht gelegt, bis dieses auch bei einem leichten Stöße mit dem Finger die ganze Scalenlänge gleichförmig durchläuft, ohne aber von selbst die Reibung überwinden zu können.

Fig. 231.



Bei den Versuchen stellt man das Uebergewicht, welches das Fallen bewirken soll, auf 0, den durchlöchernten Halter auf 4, 9, 16 u. s. w. Dagegen den festen Halter auf eine der Geschwindigkeit des Gewichtes, wenn ihm bei 4, 9, 16 u. dgl. das Uebergewicht abgenommen wird, entsprechende Entfernung; also, wenn dieses bei 4 (nach zwei Secunden) geschieht, um 4 oder 2×4 oder 3×4 , bei 9 um 6 oder 2×6 u. s. w. Theilstriche weiter abwärts, je nachdem man das Gewicht 1, 2 oder 3 Secunden lang gleichförmig fortgehen lassen will. Man muß aber beim Feststellen der Aufhalter berücksichtigen, daß der durchbrochene das Uebergewicht abnimmt, also mit seiner oberen Fläche auf die gewünschte Zahl zu stellen ist, daß aber der undurchbrochene Aufhalter um die Länge des Gewichtes weiter abwärts gestellt werden muß. Darum erhalten die Gewichte immer eine solche Länge, welche ein oder zwei ganzen Scalentheilen gleich ist. Wenn man die Versuche mit dem Theilstriche 1 anfängt, also mit einer Secunde Fallzeit, so treffen sie gewöhnlich nicht gut, da alle die störenden Umstände hier noch viel zu viel Einfluß haben. Am meisten ist dieses der Fall bei jenen Maschinen, an welchen das Fallgewicht durch eine umklappende Platte unterstügt wird, ehe es in Bewegung kommt, weniger bei jenen, wo der Faden angedrückt wird, oder wo die Rolle einen vorstehenden Stift hat.

Sind die Aufhalter richtig festgestellt und auch das Uebergewicht auf 0 gerichtet, so hat man noch, bevor man das Pendel in Bewegung setzt, dafür zu sorgen, daß die Gewichte vollkommen ruhig hängen; ohne dieses werden die Versuche nicht gut zutreffen. Alles Uebrige hängt von der speciellen Einrichtung der Maschine ab und es läßt sich daher im Allgemeinen nichts darüber sagen. Sehr zweckmäßig ist die Einrichtung, wo das obere Ende der Säule so breit ist, daß man eine Glasglocke über die Rolle decken, oder wo man den ganzen Aufsatz abnehmen und in einem besonderen Kästchen vor Staub bewahren kann.

Die Fallmaschine wird man am besten fertig kaufen und darum mag die Beschreibung von irgend einer der verschiedenen Vorrichtungen, um durch das Pendel das Gewicht auszulösen, hier übergangen werden.

Man könnte die Fallgesetze auch auf einem langen schiefen Balken zeigen, wie es Galiläi that. Ein solcher Balken muß sehr gerade und aus mehreren Stücken verleimt sein. Eine Rinne bildet man aus zwei geraden aufgenagelten Reisten und läßt eine elfenbeinerne Kugel darauf laufen. Seitwärts muß ein solcher Balken eine weiß und schwarz aufgetragene Eintheilung in halbe Fuße haben und man giebt ihm eine solche Neigung, daß die Kugel in der ersten

Secund
genomm

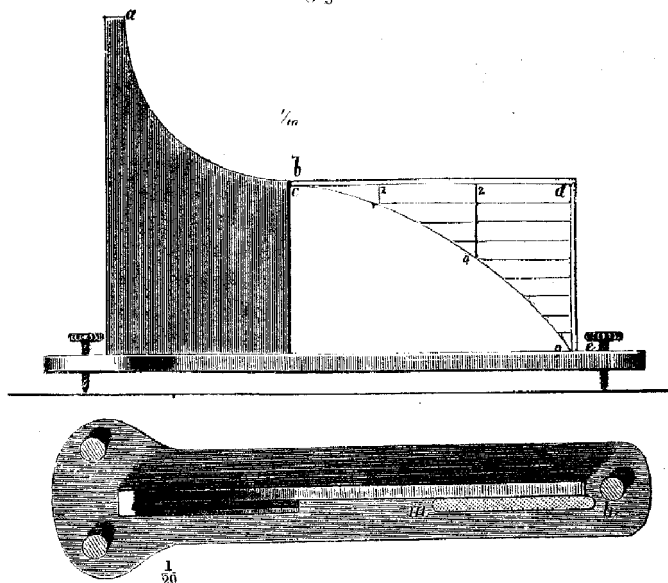
I
Körper
zeigen,

erhalte
derselb
besond
aus g
wird
am be
Rinne
erst w
brett
liegen
vertica
stark
andere

Secunde einen halben Fuß durchläuft. Der Balken wird 8 bis 10 Fuß lang genommen. Allein diese Einrichtung steht der Atwood'schen Maschine weit nach.

Die Wurfbewegung. Die parabolische Bewegung geworfener Körper kann man am einfachsten durch die Figur 232 abgebildete Vorrichtung zeigen, wobei ein durch die Rinne *ab* herabrollendes Kugeltchen vermöge der

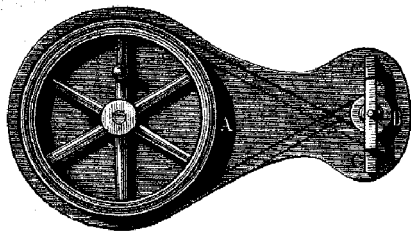
Fig. 232.



erhaltenen Geschwindigkeit die Parabel *b 1, 4, g* beschreibt. Die Rinne *ab* derselben ist kreisförmig und wird mit Bimstein gut ausgeschliffen. Man muß besonders darauf sehen, daß die auf dem Brettchen *bc* vom Grunde der Rinne aus gezogene horizontale Linie *cd* wirklich die Tangente der Rinne sei. Man wird aber nie die theoretische Wurfgeschwindigkeit erlangen, und es ist daher am besten, wenn man vor Aufzeichnung der Parabel das Kugeltchen durch die Rinne laufen läßt und die Größe der Wurfsweite durch Erfahrung sucht; dann erst wird die derselben entsprechende Parabel *c 1, 4* aufgezeichnet. Das Grundbrett enthält eine Vertiefung *mn*, die man mit Sand füllt, damit die Kugel liegen bleibe. Vor dem Versuche muß der Apparat durch die Stellschrauben vertical gestellt werden. Das Brettchen *bc* wird aus Horn gemacht, damit die stark aufgetragenen Linien von Weitem gesehen werden können. Nimmt man anderes Holz, so muß dasselbe mit Papier bezogen werden.

118 Die Centralbewegung. Zur Erläuterung der Gesetze derselben dient die Schwingmaschine. Sie besteht im Wesentlichen aus einem größeren Rade *A*, Fig. 233 ($\frac{1}{15}$), mit Schnurlauf, um ein kleineres *B*, auf dessen

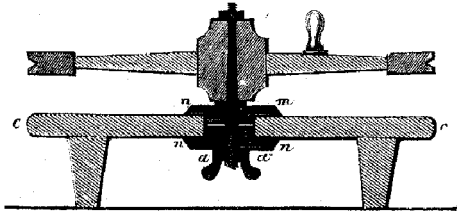
Fig. 233.



Axe verschiedene Aufsätze geschnurht werden können, in schnelle drehende Bewegung zu versetzen. Das letztere Rad hat den einen Stützpunkt im Grundbrette, den anderen in dem Bügel *CC*; dieser ist oberhalb eben, um noch ein kreisrundes Brettchen durch Schrauben darauf befestigen zu können, was aber erst für einen

später zu beschreibenden elektrischen Versuch gebraucht wird. Die Axe von *B* muß mit ihrer Schraube über dieses Brettchen hinaus reichen. Bei ihrem Bau ist zu berücksichtigen, daß die beiden Scheiben ein einfaches Verhältniß zu einander haben, um aus den in einer bestimmten Zahl von Secunden von Hand bewirkten Umdrehungen der größeren Scheibe jene der kleineren leicht ableiten zu können. Für eine gleichförmige Bewegung ist ferner erforderlich, daß die größere Scheibe ein ziemliches Gewicht habe. Bei den hierher gehörigen Versuchen ist dieses zwar nur für einen der Aufsätze erforderlich, und man könnte daher auch diesem das erforderliche Gewicht geben; da aber der gleiche Apparat auch für Sirenenversuche bei der Lehre vom Schalle gebraucht werden kann, so ist es zweckmäßiger, die größere Scheibe, das Rad, schwer zu machen. Es geschieht dieses am einfachsten, wenn man auf dessen Kranz unterhalb einen gußeisernen Ring anschraubt; ein solcher ist ja wohlfeil in jeder Eisengießerei zu haben, das Modell dazu macht man selbst aus einem viertelzölligen Brette, und die paar Löcher für einige Holzschrauben bohrt jeder Schlosser. Um die Treib-

Fig. 234.



schnur beliebig spannen zu können, kann man die Axe des Rades, wie in Fig. 234, im Grundbrette beweglich anbringen und sie durch die Schraube *a*, nachdem die Schnur gespannt

ist, befestigen. Die Axe muß dann breit auf dem Querholze *mm* aufliegen, geht viereckig durch dieses und das untere Querholz *nn* durch, und endigt in eine

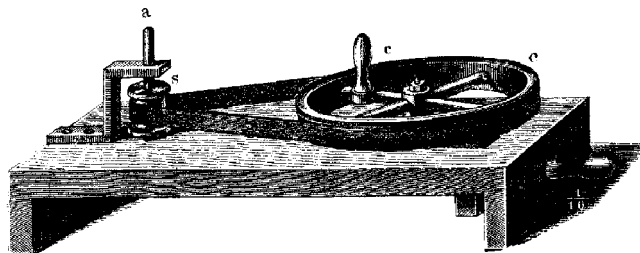
Schrau
das Gr
M
Figur 2

ist, durc
Zu dies
der Mo
Lager t
Brettch

Schraube; eine Mutter *aa* mit Lappen dient zum Anpressen beider Hölzer gegen das Grundbrett *cc*, wodurch die Axe festgestellt wird.

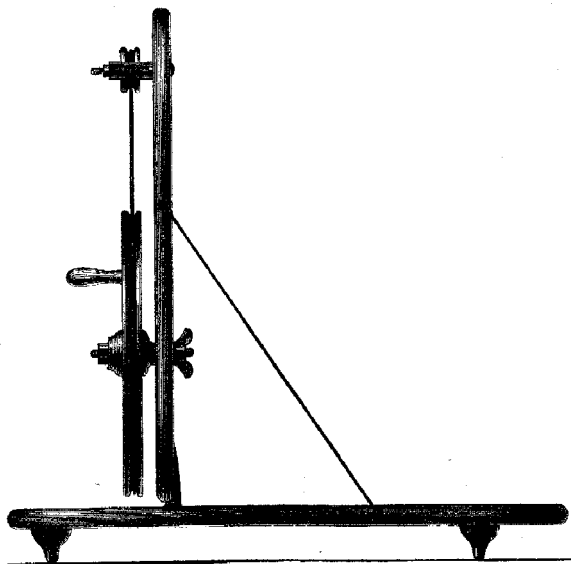
Anstatt dieser Befestigungsweise des Schwungrads kann auch, wie in der Figur 235, in dem Grundbrette der Schieber, in welchem die Axe festgemacht

Fig. 235.



ist, durch eine Schraube verschoben werden, um dadurch den Riemen zu spannen. In dieser Figur ist auch das Schwungrad von Eisen und der untere Traggpunkt der Rollenaxe durch eine Schraube angegeben, während der Bügel *D* das obere Lager trägt; letzterer ist jedoch wenig geeignet, um das oben erwähnte kreisrunde Brettchen zu tragen. Für viele andere Zwecke ist es bequem, wenn man eine

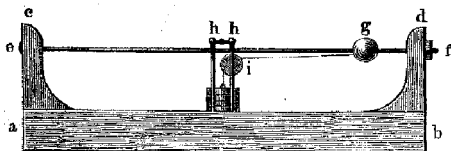
Fig. 236.



horizontale Umdrehungsaxe besitzt. Die Schwungmaschine ist nach Anleitung von Fig. 236 (a. v. S.) leicht auch dazu einzurichten.

- 119 **Versuche mit der Schwungmaschine.** 1) Auf die Axe der Rolle schraubt man den Aufsatz, den Fig. 237 in $\frac{1}{10}$ der wirklichen GröÙe zeigt; er besteht aus einem starken Holze *ab*, das auÙerhalb und von unten noch mit Blei ausgegossen wird (wenn das Rad selber die erforderliche Schwere

Fig. 237.



hat, so braucht dieses Holz wie bei den folgenden Aufsätzen nur 1 Zoll dick zu sein); auf seine Enden sind die Lappen *ac*, *bd* eingezapft. Durch diese Lappen geht ein abgemesselter Stahlstab *ef*, der einerseits bei *e* einen Kopf, andererseits bei *f* eine Schraube hat und hier durch eine Mutter befestigt wird; er ist 1 bis $1\frac{1}{2}$ Linien dick. Auf diesem Drahte kann die central durchbohrte hölzerne oder elfenbeinerne Kugel *g* leicht gleiten. Genau im Quadrate um den Umdrehungsmittelpunkt stehen vier Messingstäbchen *h, h*, welche über dem Drahte *ef* durch mit Schrauben versehene Querstücke verbunden sind. Zwei derselben tragen die leicht bewegliche Rolle *i*, deren Schnurlauf auf der Seite gegen die Mitte dem Mittelpunkt selbst entspricht. Von einem Häkchen der Kugel *g* läuft eine seidene Schnur über *i* und ist andererseits an einen Träger von Messing, den Fig. 238 zeigt, befestigt; die Scheibe *kk* desselben ist so groß, daß sie nur

Fig. 238.



Fig. 239.



in schiefer Lage zwischen die Stäbchen gebracht werden, zwischen denselben sich zwar frei auf- und niederbewegen, aber nicht daraus entfernen kann. Eine Anzahl Scheiben, wie Fig. 239, kann ebenfalls auf den Stift *l* des Trägers geschoben werden und ihr Gewicht wird so regulirt, daß die Hälfte von dem Gewichte des Trägers als Einheit dient. Die seidene Schnur hat drei Schleifen, so daß mittelst derselben die Kugel *g* in Entfernungen vom Mittelpunkte, die sich verhalten wie 1 : 2 : 3, angehängt werden kann.

Man kann nun entweder nur im Allgemeinen zeigen, und dieses wird meistens genügen, daß bei gleicher Entfernung der Kugel eine um so schnellere Drehung nöthig wird, bis die Kugel das Gewicht hebt, je größer dieses ist, und daß, wenn man die Kugel *g* von der Entfernung 1 auf 3 bringt, dafür aber dreimal langsamer dreht, so daß die Kugel auf ihrer Bahn gleiche Geschwindig-

keit hat
dern erfi
del die
zur Roll
lich die
und dan
Versuche
fugalkrä
(Geschwi
eben ein
bringt
zu erhal
kann de
achten,
den me
sich hebe
immer



2)

umgefe
Fig. 24
ab ver
1 bis 1
Bescha
sind du
gestellt,
verhalte
Geschw

zeit hat wie bei der Entfernung 0, das Gewicht noch nicht gehoben wird, sondern erst bei einer schnelleren Drehung. Man kann aber auch nach einem Pendel die Zahl der Umdrehungen des großen Rades, und aus dessen Verhältniß zur Rolle die Zahl der Umdrehungen der Kugel in einer bestimmten Zeit, folglich die den Halbmessern 1, 2 oder 3 entsprechenden Umlaufzeiten bestimmen und dann durch Nachrechnung zeigen, daß immer in zwei auf einander folgenden Versuchen die aus den Halbmessern und den Umlaufzeiten berechneten Centrifugalkräfte den gehobenen Gewichten proportional seien. Man muß hierbei die Geschwindigkeit nur sehr langsam steigern und sehr gleichförmig erhalten, was eben eine größere Schwere des Schwungrads erfordert. Nach einiger Übung bringt man es schon dahin, das Gewicht in geringer Höhe so lange schwebend zu erhalten, um jetzt die Umdrehungszeit mit dem Pendel zu bestimmen. Man kann den Augenblick, wo das Gewicht gehoben wird, dadurch sehr leicht beobachten, daß man auf *bb* genau in der Mitte eine Papierscheibe leimt, die mit den messingeneen Gewichten gleich groß ist und also erst sichtbar wird, wenn diese sich heben. Will man sich mit einer einfacheren Vorrichtung begnügen und nur immer denselben Halbmesser, so kann man die in Fig. 240 abgebildete nehmen,

Fig. 240.

deren Winkelhebel *cbd* bei *b* eine leicht bewegliche Axe hat und bei *c* verschiedene Gewichte aufnimmt.

Fig. 242.

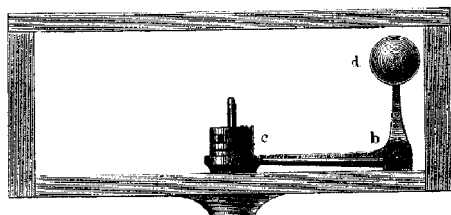
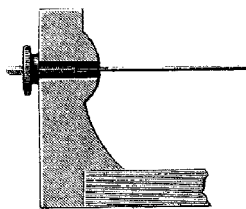


Fig. 241.



2) Daß bei gleicher Umdrehungszeit die Centrifugalkraft dem Halbmesser umgekehrt und der Masse gerade proportionirt sei, kann man durch den Ansat Fig. 241 zeigen. Die Gewichte der beiden (gewöhnlich) elsenbeinernen Kugeln *a b* verhalten sich wie 2 : 1, und beide können sich leicht auf dem höchstens 1 bis 1,5 Millimeter starken und gut abgezogenen Drahte *mm* verschieben. Die Beschaffenheit der beiden Endstücke zeigt Fig. 242 in größerem Maßstabe. Die Kugeln sind durch ein seidenes Schnürchen verbunden und werden vor dem Versuche so gestellt, daß ihre Entfernungen vom Mittelpunkte sich umgekehrt wie ihre Massen verhalten. Ist man hierin genau gewesen, so halten sich die Kugeln bei jeder Geschwindigkeit das Gleichgewicht.

3) Den Einfluß der größeren Masse kann man durch den leicht anzufertigenden Apparat Fig. 243 zeigen. *ab, cd* sind zwei einerseits zugeschmolzene,

Fig. 243.



Bei *a* und *d* sind sie etwas in die Lappen *m, n* eingelassen, und bei *b, c* werden sie durch das halbcylindrische auf *oo* geschraubte Holz *e* gehalten; letzteres ist beiderseits so ausgehöhlt, um gerade die verkorkten Enden der Glasröhren aufzunehmen. Dreht man den Apparat schnell, so nehmen die Flüssigkeiten die umgekehrte Ordnung ein, indem das Quecksilber nach *a* und *d* kommt und die Röhren bei *b* und *c* leer bleiben. Daß die Centrifugalkraft überhaupt schnell wächst und größer wird als die Schwere, kann man auch dadurch zeigen, daß man ein an drei Schnüren angebundenes und mit Wasser gefülltes Trinkglas, wie Fig. 244, im Kreise herumschwenkt.

Schöner kann man dasselbe Gesetz durch den Apparat Fig. 245 zeigen; er besteht in einem bauchigen Glasgefäße, welches mit einer hölzernen Fassung

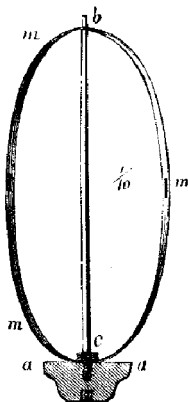
Fig. 244.



Fig. 245.



Fig. 246.



versehen ist, um es auf die Schwingmaschine zu schrauben. Man gießt Quecksilber und gefärbtes Wasser hinein, jedoch nicht ganz so viel, als erforderlich ist, um den ausgebauchten Raum auszufüllen, so daß für den mit der Weite der Oeffnung gleich dicken cylindrischen Raum des Gefäßes nichts übrig bleibt.

Wird d

higen

4

durch d

stellen:

Rolle

efiges

gute H

aus di

efige,

die Fig

Holz a

Sphäre

Stäbch

Sphäre

I

Eisenba

waaren

rinne,

Wird das Gefäß schnell gedreht, so bilden die Flüssigkeiten Ringe in dem hauptsächlichen Theile.

4) Daß die Schwingkraft die Abplattung der Erde bewirke, zeigt man durch den Aufsatz Fig. 246. Er läßt sich sehr einfach auf folgende Weise herstellen: *a a* ist ein abgedrehtes Stückchen hartes Holz, das auf die Axe der Rolle der Schwingmaschine geschraubt werden kann, *b c* ist ein dünnes vierseitiges Eisenstäbchen, welches bei *c* etwas gestandt ist, und unterhalb in eine gute Holzschraube endigt; *m m m* ist ein gebogener drei Linien breiter Streifen aus dünnem Messingblech, welcher in der Mitte und an beiden Enden vierseitige, dem Stäbchen *b c* entsprechende Löcher hat. Dieser Streifen wird, wie die Figur zeigt, auf das Stäbchen gesteckt und die beiden Enden gegen das Holz *a a* festgeklemmt. Dreht man schnell, so biegt sich der Streifen zu einem Sphäroid. Zwei Streifen rechtwinkelig zu einander auf gleiche Weise an das Stäbchen befestigt, zeigen durch ihren größeren Glanz beim Umdrehen das Sphäroid besser.

Die Wirkung der Schwingkraft kann auch sehr gut an der Centrifugal-Eisenbahn erläutert werden. Man kann dergleichen um billiges Geld im Spielwaaren-Laden erhalten, oder, wenn dieses nicht der Fall sein sollte, eine Blechrinne, wie Fig. 247, auf ein hölzernes Gestell anbringen, wo der Halbmesser

Fig. 247.

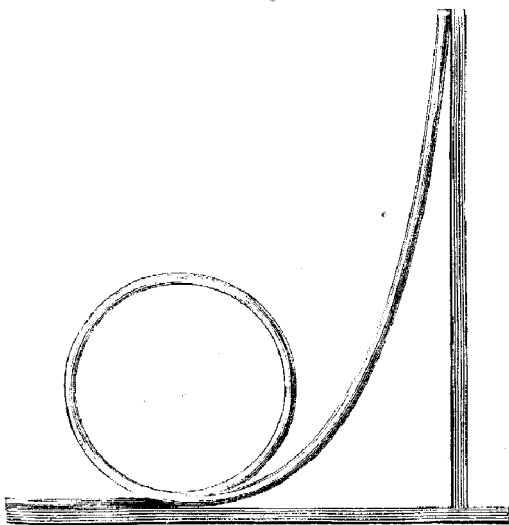
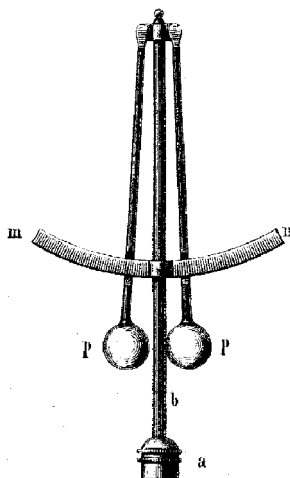


Fig. 248.



des Ringes etwa $\frac{1}{10}$ von der ganzen Fallhöhe betragen muß. Eine wohl-
abgerundete Bleifugel durchläuft dann die ganze Bahn, wenn sie in der gehörigen
Höhe in die Rinne gelegt wird.

5) Das Centrifugalpendel. Für die spätere Anwendung an der
Dampfmaschine ist noch folgende Vorrichtung instructiv. Auf der Hülse *a*,
Fig. 248, welche auf die Ase der Centrifugalmaschine paßt, steht der Stab *b*
senkrecht und trägt an Gelenken die Pendel, die sich aber nur in den Schlitzen
des Bogens *m n*, welchen Fig. 249 im Grundrisse zeigt, bewegen können. Je

Fig. 249.



rascher die Maschine gedreht wird, desto
weiter fliegen die Kugeln auseinander.

Bei den angegebenen Verhältnissen und
der Uebersetzung, welche eine Schwingmaschine hat, bedarf man aber am Rade
nur einer mäßigen Geschwindigkeit, um die Kugeln so weit als möglich ausein-
ander zu bringen.

120

Das Bohnenberger'sche Maschinchen.

Um zu zeigen, daß
die Schwingkraft jedes Theilchen eines Körpers hindert, die Ebene seiner Umdre-
hung zu verlassen, ist das genannte Maschinchen vorzüglich geeignet; es wird
daraus ein nothwendiger Apparat, indem nur dadurch, daß der angeführte Satz
gehörig klar gemacht wird, die Erscheinung der Jahreszeiten erklärt werden kann.
Allerdings haben wir noch sehr viele Gelegenheit, denselben Satz zu zeigen, jeder
Kreis bietet dieselbe dar; allein so bequem zur Demonstration, wie das Boh-
nenberger'sche Maschinchen, ist keine andere Vorrichtung; insbesondere bieten
die jetzt als Spielzeug verbreiteten zinnernen Tanzknöpfe, weil die Scheibe nicht
fest mit der Ase verbunden ist, manche Vortheile. Die Behandlung des Boh-
nenberger'schen Maschinchens bietet keine Schwierigkeiten; man hat nur den
Faden um die Rolle der Kugel so zu wickeln, daß die letzte Bindung sich von
selbst löst, dann den innersten Ring in einer schiefen Lage mit der einen Hand
zu halten, während man mit der anderen den Faden abzieht, wobei man jedoch
nicht mit einem raschen Rucke anfangen darf; an das Schmorende wird darum
sehr zweckmäßig ein etwa zolllanges Stück einer dickwandigen Kautschukröhre ge-
bunden. Es ist rüthlich, diesen Apparat nur vom Mechanicus zu beziehen.

Ein solcher Apparat braucht übrigens für den elementaren Unterricht nicht ein-
mal mit dem Uebergewicht für die Präcession versehen zu sein, doch liegt gerade hierin
ein Vorzug des Bohnenberger'schen Maschinchens. Für die Erläuterung der
Theorie wäre eine Fessel'sche Maschine empfehlenswerther, da man hier die
Erscheinung auffallender machen, sowie die Rotationsrichtung wechseln oder die
Rotation ganz aufheben kann, je nachdem entweder das Schwingrad mit dem
Gegengewichte im Gleichgewichte ist oder das eine oder das andere überwiegt.

Das sogenannte Geioskop — die Fessel'sche Maschine ohne Gegengewicht — ist eben darum gar nicht zu empfehlen, weil sie keine Veränderung zuläßt.

Der Foucault'sche Versuch. Um aus der Erhaltung der 121 Schwingungsebene die Aendrehung der Erde abzuleiten, ist es am zweckmäßigsten,

Fig. 250.

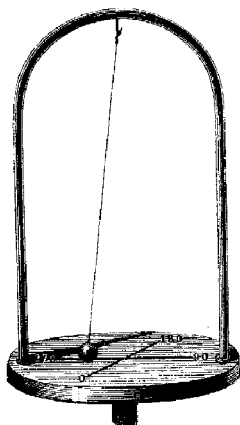
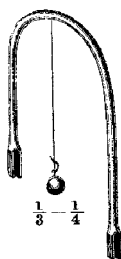


Fig. 251.



den Apparat Fig. 250 auf die Schwingmaschine zu setzen, das daran befindliche Pendel anzustoßen und dann die Maschine langsam zu drehen. Da die Kugel nur an einem dünnen Faden aufgehängt ist, so kann sich der Bügel öfter umdrehen, ehe dadurch die Kugel allmählig ihre ursprüngliche Schwingungsebene verläßt. Anstatt nur die Quadranten auf das Brettchen zu zeichnen, wie in der Figur, kann man ein Planiglob

in Nordpolarprojection auf dasselbe kleben, wodurch dann der folgende Versuch entbehrlich wird. Die vorläufige Anwendung auf die Aendrehung der Erde kann man nun durch den kleinen Bügel Fig. 251 machen, der sich mit seinen gabelförmigen Enden auf den Meridian eines Erdglobus stecken läßt, wodurch der Erfolg auf der Erde für Pol und Aequator erläutert werden kann.

Zur Anstellung des Foucault'schen Versuchs selbst ist vor Allem ein hoher fester Aufhängepunkt erforderlich; kann man über einen solchen von mindestens 20 Fuß verfügen, so ist alles Andere leicht zu beschaffen. Bei niedrigerem Aufhängepunkt dagegen, in Zimmern von 12 bis 14 Fuß Höhe, gelingt zwar insoweit der Versuch auch, daß sich die Schwingungsebene des Pendels scheinbar von West über Nord nach Ost dreht; allein die Quantität der Drehung beträgt bald mehr, bald weniger als $15 \sin. \varphi$ (φ = geogr. Breite).

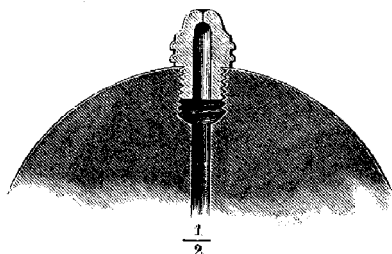
Als Pendel dient eine Kanonenkugel von mindestens 12 Pfd. Man läßt dieselbe auf Quecksilber schwimmen, wobei man in einem passenden Gefäße nicht gerade viel Quecksilber gebraucht und den Versuch auch etwa in der Apotheke machen kann; den obersten Punkt zeichnet man als Aufhängepunkt zuerst mit Kreide und dann mittelst des Körners. Bei letzterer Gelegenheit wird man auch die Härte der Kugel kennen lernen; schlägt sich die Spitze des Körners stumpf, so ist es nicht möglich, die Kugel zu bearbeiten, und es hilft auch kein Aus-

glühen. Ist dieses aber nicht der Fall, so läßt man die Kugel auf einer Drehbank genau rund laufend und so einspannen, daß die bezeichnete Stelle genau den Mittelpunkt bildet, was an einer gehörig eingerichteten Drehbank leicht zu machen ist; die Kugel wird nun mittelst eines etwa 2 Linien dicken Bohrers ganz durchbohrt, um einerseits ein Holz, wie Fig. 252, einstechen zu können,

Fig. 252.



Fig. 253.



während die andere Seite weiter ausgebohrt und mit einem Gewinde versehen wird, um ein Stück Messing, wie in Fig. 253, einschrauben zu können, welches bereits von unten angebohrt ist und nun an der Kugel abgedreht und vorn mit einer kegelförmigen Vertiefung versehen wird, von wo aus das Stück vollends mit einem nadelfeinen Bohrer durchbohrt wird. Steckt man einen feinen Stahl- oder Eisendraht — so fein, daß er nur noch die Kugel trägt — durch das kleine Loch und bindet ihn um ein Stückchen Messingdraht, welches zusammengebogen als Knopf für den Eisendraht dient und sich ganz unterhalb des Messingstücks anspannt, so ist die untere Befestigung der Kugel fertig. Zum Aufhängen reicht jeder Haken aus, wenn man ihn mit einem gleich feinen Loche durchbohrt, den Draht durchzieht und um den Schaft des Hakens fest bindet. Eine bessere Art des Aufhängens zeigen die Fig. 254 und 255, wo auf den Haken eine oben etwas kugelförmig ausgeschliffene, harte und polirte stählerne Pfanne aufgeschoben und der Draht durch eine feine Oeffnung *a* des stählernen Bügels gezogen ist; der Bügel selbst wird mittelst der harten stählernen Spitze *b* auf die Pfanne gesetzt.

Bei dem Versuche läßt man zuerst die Kugel längere Zeit ruhig hängen, um den Draht auszuspannen und die drehenden Schwingungen aufhören zu machen, zu welchem Zwecke man die Kugel leise anhält, so lange sie sich noch weit dreht.

In der Richtung, in welcher das Pendel schwingen soll, wird ein Faden an einen Nagel gebunden, und man beobachtet genau den Punkt der Kugel,

Fig. 254.

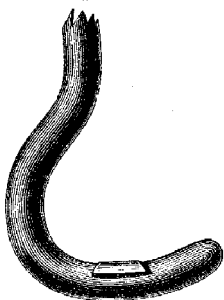
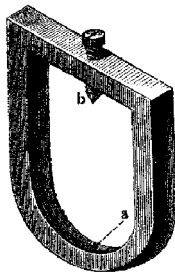


Fig. 255.



welcher mit dem Draht und diesem Nagel in einer Ebene liegt, und bezeichnet ihn mit Kreide. An den Faden macht man eine weite Schlinge, hängt diese um die Mitte der Kugel und wickelt den Faden am Nagel so weit auf, als die Weite der Pendelschwingung betragen soll; diese nimmt man nur einige Fuß groß. In der Schlinge wird nun die Kugel so gedreht, daß der bezeichnete Punkt mit dem Aufhängedraht und dem Faden wieder in einer Ebene liegt.

Man zeichnet ferner auf ein rundes Brett die Winkel auf, um die sich die Schwingungsebene des Pendels von Viertelstunde zu Viertelstunde drehen soll, bringt den Mittelpunkt dieses Brettes, noch ehe die Schlinge um die Kugel gelegt war, unter die Spitze (Fig. 252) und dreht nachher das Brett um seinen Mittelpunkt so, daß der Durchmesser, von welchem aus die Winkel aufgetragen sind, ebenfalls in dieselbe Ebene kommt, welche der Aufhängedraht und der Faden mit einander machen.

Die Kugel muß nun vollkommen ruhig werden, wobei man durch sanftes Dagegenlehnen eines auf den Boden gestützten Stockes nachhilft und am besten etwa eine Stunde wartet, ehe man den Faden — außerhalb der Schlinge — abbrennt, um das Pendel in Bewegung zu setzen.

Das Pendel. Um die Lehre vom Falle der Körper durch die Sehnen 122 und Bogen oder den Durchmesser eines Kreises zu erläutern, kann man den Apparat Fig. 256 und 257 (a. f. S.) anwenden. Er besteht aus einem hölzernen Ringe A A A, der innerhalb eine wohl ausgeglättete Hohlkehle a a a hat; dieser Ring wird von einem kleinen Fuße auf einem Grundbrette mit Stellschrauben getragen, und der Fuß erweitert sich einerseits zu einem kleinen Schüsselfchen für Sand. An seinem höchsten Punkte trägt der Ring diesem Schüsselfchen gegenüber ein ähnliches aber ganz flaches, b, oder auch ein ebenes Brettchen mit

einer Oeffnung, deren Höhe und Weite der inneren Rinne *aaa* gleich ist. Seitwärts kann man an den Ring eine oder mehrere schiefe Ebenen *mm*, *nn*, die gleichfalls mit Rinnen versehen sind, anschrauben.

Fig. 256.

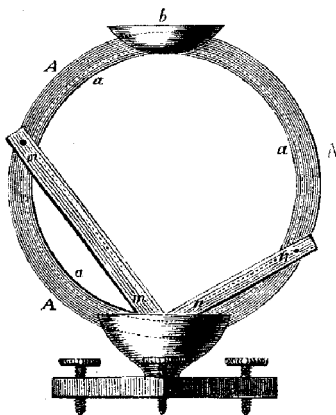
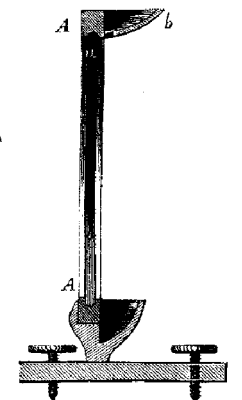


Fig. 257.



Hat man nun eine der Sehnen *mm*, *nn* angeschraubt und hält eine Kugel mit der einen Hand in die Oeffnung des oberen Schüsselhens und eine mit der anderen auf die Stelle der Sehne, welche der inneren Rinne entspricht, und läßt beide zugleich fallen, so werden sie auch nahezu gleichzeitig in dem Sande aufschlagen. Ebenso kann man eine Kugel auf einem kleineren oder größeren Kreishogen und einer Sehne herabrollen lassen. Läßt man ein Brett nach einer Cycloide ausschneiden und mit einer Rinne versehen, so kann man auch die Eigenschaft derselben als Isochrone zeigen.

Für die Pendelversuche selbst ist der in Fig. 258 und 259 abgebildete Apparat sehr bequem. Seine Einrichtung ist folgende: Auf einem ziemlich starken dreieckigen Grundbrette mit Stellerschrauben (oder auch nur mit drei Füßen) wird senkrecht das schmale Brett *ab* mit dem Querarme *c* befestigt. Letzterer trägt unterhalb einige kleine Hälchen, um eine Anzahl von einfachen Secundenpendeln aus Blei, Stein, Kork, Wachs u. dgl., sowie ein solches zu halben Secunden und ein solches, an dessen Faden von Stelle zu Stelle eine Bleifugel angebracht ist, aufzuhängen. Die Länge der einfachen Secundenpendel wird vom unteren Theile des Hälchens an gemessen bis zum Mittelpunkte der Kugel, und man kann die erforderliche Länge sehr leicht dadurch genau erreichen, daß man den Seidenfaden zuerst etwas zu lang läßt und nun einige Knoten daran knüpft; auf gleiche Weise verfährt man mit dem viermal kürzeren Halbscundenpendel. Für das aus mehreren Bleifugeln zusammengesetzte Pendel schraubt

man in jede Kugel zwei Hälften diametral gegenüber. Man könnte allerdings immer eines derselben eingießen und dann den Anguß um den Draht herum

Fig. 258.

Fig. 259.

Fig. 260.

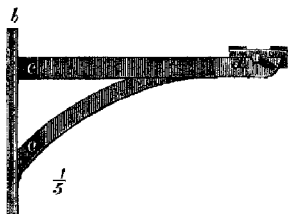
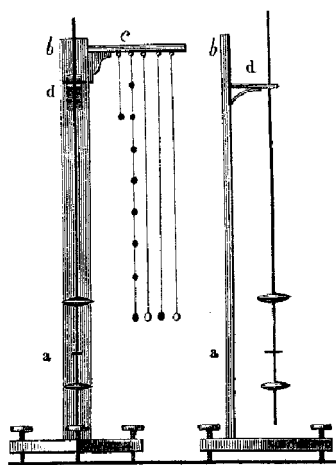


Fig. 261.



Fig. 262.



abzuschneiden, bevor man diesen zum Haken biegt; es dürfte aber letzteres Verfahren wohl mehr Arbeit machen, da man die anderen Hälften doch einschrauben muß. Setzt man einen glatten mit Asphalt bestrichenen Eisendraht in den Kugelmödel, so kann man denselben nach dem Gusse ausziehen und sich das Bohren der Löcher sparen, was in Blei nicht zu verachten ist, namentlich bei kleinen Löchern. Dieses Pendel dient zur Erläuterung des Unterschiedes zwischen dem physikalischen und mathematischen Pendel, wenn man es zugleich mit einem solchen schwingen läßt. Außer dem Querarm *c* befindet sich an dem Gestelle das eiserne Stück *d*, welches zum Anhängen anderer Pendel dient, und in Fig. 260 u. 261 in größerem Maßstabe abgebildet ist. Auf der Platte *b* ist der Träger *ca* festgenietet und die Platte selbst wird in das Holz des Gestelles eingelassen und durch sechs Schrauben gut befestigt; das gabelartige Ende *aa* des Trägers hat auf seinen Armen nahe am Ende halbcylindrische Vertiefungen, die man zuerst mit der Feile möglichst gut ausarbeitet, und dann auf einem abgedrehten hölzernen Stäbchen von entsprechender Dicke mit Smirgel auf der Drehbank ausschleift; sie dienen als Zapfenlager für das eiserne Stück *dd*, welches in Fig. 262 nochmals größer in der Ansicht von vorn abgebildet ist. Dieses Stück ist aus dem Ganzen geschmiedet und die Zapfen *ee* werden abgedreht. Den Träger sammt dem Stücke *dd* macht der Schlosser und feilt denselben auch fertig

bis auf die Zapfen und Zapfenlager. Auf die beiden langen Seiten von *dd* werden zwei Stücke Gußstahl von der Form wie *f* in Fig. 262 eingeschoben, welche glashart sind, und deren Cylinderflächen polirt wurden; auf ihnen sollen die Schneiden der Pendelstangen ruhen. Diese beiden Stücke kann man so verfertigen, daß man zwei Stückchen Gußstahl auf einander legt, sie mit dem Feilfloß zusammenschraubt und dann durchbohrt, wobei jedes die halbe Bohrung erhält; nach dem Bohren schleift man sie, ebenfalls beide zugleich mit einem abgedrehten Messingstücke und Smirgel fein aus, feilt sie in die erforderliche Form und härtet sie. Später werden dieselben auf Holz mit feinem Smirgel nochmals geschliffen und ebenfalls auf Holz mit Englischroth polirt. Da auf diese Weise das Pendel frei beweglich ist und stets sogleich eine senkrechte Lage annehmen kann, also das Gestell nie mittelst Stellschrauben mühsam senkrecht aufgestellt zu werden braucht, so erspart man sich dadurch viele unnütze Mühe.

Die Schneiden werden aus einem Stückchen Gußstahl mit der Feile möglichst fein zugerichtet und gehärtet, darauf aber mit Smirgel auf einer Glasplatte abgeschliffen, um ihnen eine gerade Schneide zu geben. Zuletzt polirt man dieselben auf Feinwand mit Englischroth. Diese Arbeit geht aber rascher auf der Polirscheibe, die ohnehin für manche optische Artikel außerordentlich bequem ist. Sie besteht aus einer hölzernen an die Drehbank passenden Scheibe von 5 bis 6 Zoll Durchmesser und $\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll Dicke, welche auf dem Rande und der Fläche mit feinem Filz beleimt ist. Man polirt auf ihr unter sehr rascher Drehung mit Wasser und Englischroth. Gut ist es, wenn die Schneiden am Rücken gegen das eine Ende hin um ganz wenig versjingt sind, damit man sie leichter aus ihrem Lager nehmen und wieder einstecken kann.

Die Pendelstangen bestehen aus hölzernen Stäben von Rußbaum oder Apfelbaum von einem Quadratcentimeter Querschnitt; sie werden ganz in Centimeter getheilt. An der Stelle, wo

Fig. 263.

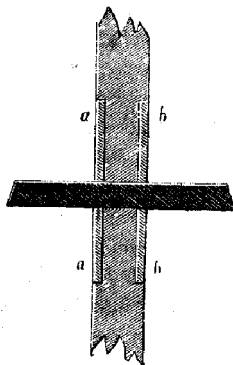


Fig. 264.



An der Stelle, wo die Schneiden hinkommen, werden von beiden Seiten Messingplatten *aa*, *bb*, Fig. 263 und 264, eingelassen, welche vorher mit genau zur Schneide passenden Oeffnungen versehen sind und mit ein paar durchgehenden Messingstiften vernietet werden; das Holz wird erst nachher für die Schneide durchgearbeitet, und die Schneide durch einige leichte Schläge mit einem hölzernen Hammer eingetrieben. Eine Pendelstange erhält zwei solche Schneiden in der Entfer-

nung des einfachen Secundenpendels = 104 Centimeter, eine andere erhält nur eine in der Mitte für die Versuche über das Trägheitsmoment. Da es unbequem ist, bei den Versuchen mit dem Reversionspendel beim Umkehren eine der Linien entfernen zu müssen, so kann man auch in dem Stücke *dd*, Fig. 262, die eine Längseite wie in Fig. 265 ganz durchbrechen, um die Pendelstange herausnehmen zu können; es erfordert dieses aber eine etwas größere Stärke des Apparates und sehr sorgfältige Arbeit.

Die Linien gießt man aus Blei in hölzernen Formen, die man mit Graphit ausgestrichen hat. Durch die Formen steckt man ein eben gefeiltes, nach

Fig. 265.



Fig. 266.



einer Seite hin schwach verjüngtes Eisen von einem rechteckulären Querschnitte, wie Fig. 266, dessen schmale Seite ein Centimeter breit ist; auf die Endflächen

werden für das spätere Abdrehen Punkte *a* eingeschlagen, aber nicht in die Mitte der Flächen, sondern um die halbe schmale Seite von dieser entfernt. Dieses Eisen wird so in die Gießform gesteckt, daß die Punkte nahezu der Mitte der Linse entsprechen und also die Oeffnung in der Linse excentrisch wird. An diesem Eisen werden die Linien nachher abgedreht, bis sie das erforderliche Gewicht haben, wobei man natürlich das Eisen tarirt, sowie das Messingstück *b*, Fig. 267 und 269. Letzteres wird beim Aufstecken an die Stange zuerst eingelegt und

Fig. 267.

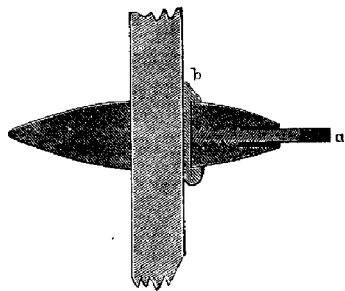


Fig. 268.



füllt den von der Stange übrig gelassenen Raum der Oeffnung aus; es wird durch eine Schraube *a* gegen die Stange gedrückt und befestigt die Linse an diese. Sein scharfes Ende *b* muß eine ganze Anzahl Centimeter von der Mitte der Linse entfernt sein. Die Linien können mit Schellack und Kleiruß schwarz gefirnißt werden.

Einfacher, wenngleich weniger sauber, können die Linien durch von beiden Seiten gegen dieselben geschobene Hölzen mit Stellschrauben an die Stange befestigt werden; sie erhalten dann nur eine quadratische Oeffnung. Hat man die Punkte für das Reversionspendel berechnet, an welchem die Linien befestigt werden sollen, so bezeichnet man dieselben. Das Gewicht der Linien stempelt man auf sie selbst.

Zu den Versuchen über das Trägheitsmoment bedarf man außer einer kleinen Linse von etwa $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Pfund zwei andere von je 2 Pfunden und

zwei zu je $\frac{1}{2}$ Pfund. Um den Versuch anzustellen, befestigt man die schweren Linfen gleich weit vom Aufhängepunkt und die ungerade kleinere an das Ende der Stange, wie Fig. 270, und beobachtet die Schwingungszeit des Pendels, d. h. wie viel Schwingungen es in der Minute macht. Diese Schwingungszeit bleibt dann unverändert, wenn man die viermal leichteren Linfen in der zweifachen Entfernung vom Unterstützungspunkte anbringt.

Um den Versuch mit dem Reversionspendel zu machen, befestigt man zwei gleich schwere Linfen so an den Stab mit zwei Schneiden, daß die Mitte der einen 80, die der anderen 120 Centimeter von der einen Schneide entfernt ist; dann wird die Schwingungszeit auf beiden Schneiden sehr nahe gleich sein.

123

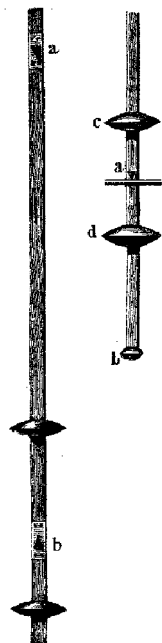


Fig. 271.



Fig. 272.

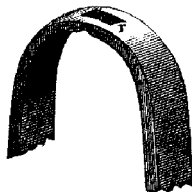
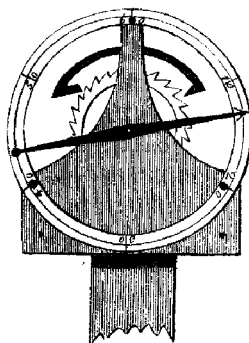


Fig. 273.



Schläge des Pendels hörbar an. Zählen muß man sie freilich selbst.

Bequemer aber ist es und zweckmäßiger, von einem Uhrenmacher, einem

bloßen
30 Zä
großen
wobei
Zifferb
Eisen
Bleilin
wenigst
stehend
welcher
die Hö
Ankers
richte
einand
erzielen
klein
Rolle
denpen

könnte
Größe
läuter
befind
wieder
angen
leicht
nicht

wird
Spin
delle
wird
mung
falls
Bei
wie f

und
bald

bloßen Holzzuhrenmacher, in ein Gestell, wie Fig. 273, ein Steigrad von 30 Zähnen, das zugleich Schnurrad ist, machen zu lassen, welches durch einen großen Anker die Bewegung des Pendels auf gewöhnliche Weise unterhält, und wobei der auf die Ase des Rades befestigte Zeiger auf dem durchbrochenen Zifferblatte unmittelbar die Secunden zeigt. Die Pendelstange wird hier von Eisen gemacht, so daß man die der Quere oder der Länge nach durchbohrte Weislinse mittelst einer Schraube reguliren kann. Compensation, oder statt deren wenigstens eine hölzerne Stange, ist für so kurze Zeiten, wie die hier in Rede stehenden, ganz unnöthig. Das Uhrwerk wird auf eine Säule gestellt, hinter welcher das Gewicht heruntergeht und das Pendel hängt. Die Säule darf nur die Höhe von etwa 4 bis 5 Fuß haben, damit man bequem die Bewegung des Ankers sehen kann, indem diese Vorrichtung zugleich den Zweck hat, beim Unterrichte die gewöhnlichste Weise zu erläutern, auf welche Uhrwerk und Pendel mit einander in Verbindung gesetzt werden. Um dennoch einen längeren Gang zu erzielen, macht man das auf der Ase des Steigrades befestigte Schnurrad etwas klein und hängt das ohnehin nur unbedeutende Gewicht an einer beweglichen Rolle auf. Die Regulirung dieses Pendels wird nach einem einfachen Secundenpendel oder nach einer gut gehenden Taschenuhr gemacht.

Für den Fall, daß man mehr auf einen solchen Apparat verwenden wollte, könnte er auf die in Fig. 274 und 275 (a. f. S.) in $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ der natürlichen Größe abgebildete Art hergestellt werden. Die Figur bedarf wohl keiner Erläuterung. Da die Schnur ohne Ende über ein zweites, an der hinteren Platinne befindliches, mit dem Gesperre versehenes Schnurrad läuft, so kann man immer wieder aufziehen, ohne den Gang zu unterbrechen, was für viele Zwecke sehr angenehm ist. Die Linse kann man aus Eisen gießen lassen; wodurch man leicht zu einem ansehnlichen Gewichte kommt; unter 10 Pfund sollte man aber nicht nehmen.

Wenn man auch die Hemmung an den Taschenuhren besprechen will, so wird es erforderlich sein, groß ausgeführte Modelle, wenigstens der gewöhnlichen Spindel-, Cylinder- und Ankerhemmung zu haben. Die Unruhen solcher Modelle sollten 2 bis 3 Zoll Durchmesser haben und Secunden schlagen. Man wird solche Modelle am besten so anfertigen lassen, daß man die Ase des Hemmungsrades auch horizontal legt und dasselbe mit Schnurrad versieht, um ebenfalls Gewichte zum Treiben verwenden zu können, ähnlich wie bei Fig. 275. Bei anderen als der Spindelhemmung kommt dann die Unruhe auch vertical, wie sie in der hängenden Taschenuhr ist.

Man könnte eine solche Vorrichtung noch durch ein zweites Rad erweitern und beide Räder mit gleichen Schnurrädern versehen, um bald an dem einen, bald an dem anderen Gewicht wirken zu lassen; dadurch wäre man im Stande,

in Bezug auf Räderwerke recht anschaulich den Satz zu erläutern, „was man an Kraft gewinnt, verliert man an Zeit“ und umgekehrt.

Fig. 274.

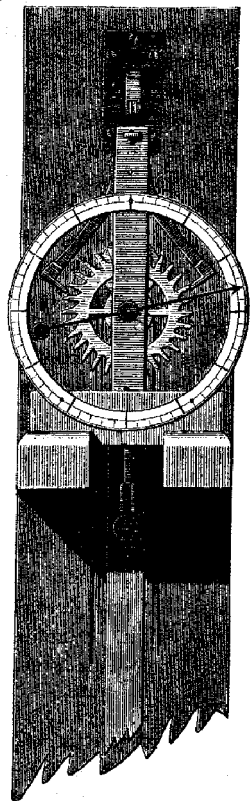
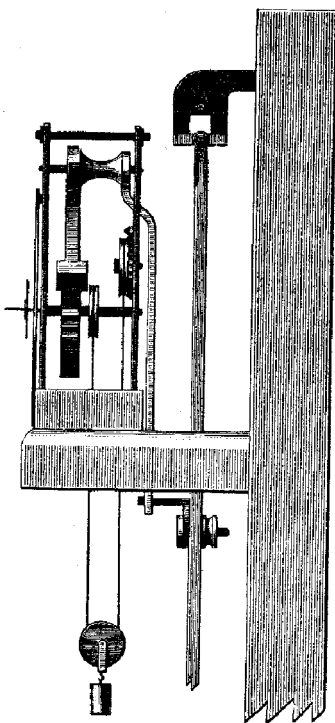


Fig. 275.



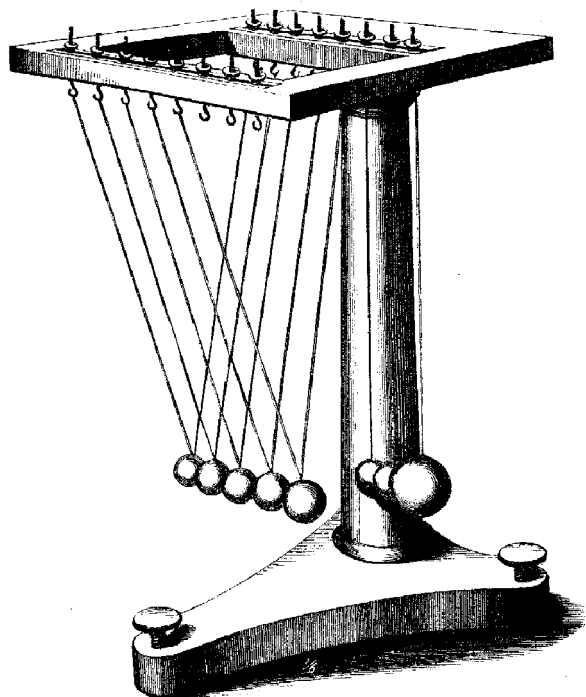
- 124 **Vom Stosse.** Für die Versuche über die Gesetze des Stosses bedient man sich als nicht elastischer Körper verschieden großer Kugeln von ungebranntem Thone, die man im weichen Zustande mit einer Haste versieht, und nach dem Trocknen durch Abschaben oder mit der Holzseile theils gleich schwer macht, theils auf einfache Gewichtsverhältnisse bringt. Diese Kugeln sind aber immer noch elastisch, und der Erfolg darum keineswegs den Gesetzen entsprechend, weshalb dieser Versuch wohl unterbleiben dürfte. Man hängt dieselben an einem Gestelle, wie Fig. 276 (in $\frac{1}{6}$ der wirklichen Größe), mittelst seidener Schnüre auf. Die Haken des Gestells gehen durch zwei Schlitze desselben, haben auf ihrer

ganzen
stellt w

gen m
wegzu
Stelle
neben
zur E
stellen
förmig
sie leic
sagt, n
D
Kugel
Elsenb

ganzen Länge Schraubengänge und können durch zwei Muttern beliebig festgestellt werden, so daß die Mittelpunkte der Kugeln in derselben Horizontalen liegen.

Fig. 276.



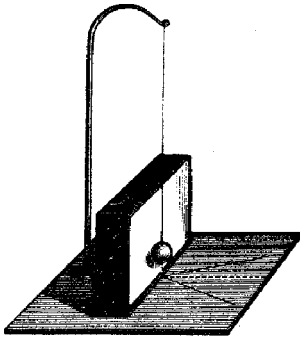
gen und die Kugeln selbst einander gerade berühren. Um mit weniger Arbeit wegzukommen, könnte man die Fäden mittelst Korkstöpsel an der erforderlichen Stelle befestigen, wo dann auch die messingenen Schienen, welche bei Schrauben neben den Schlitzern zur Schonung des Holzes erforderlich sind, wegfallen. Die zur Erläuterung der Gesetze erforderlichen Versuche wären an sich leicht anzustellen; man hätte nur die Vorsicht zu beobachten, daß die Kugeln unter gleichförmiger Spannung beider Schenkel und nicht zu weit aufgehoben werden, weil sie leicht zerspringen, wenn der Stoß stark wird; allein der Erfolg ist, wie gesagt, nicht der erwünschte.

Besser ist man mit den elastischen Körpern daran; als solche wählt man Kugeln aus einem sehr gleichförmigen Holze, wie Guajakholz, oder besser aus Elfenbein, von welchen man etwa 5 bis 6 gleich große, dann eine vom doppelten

und eine vom halben Gewichte hat. Die Vorsichten sind hier dieselben; die Kugeln zerspringen zwar nicht, allein die Versuche fallen bei größerer Geschwindigkeit unvollkommen aus, wegen der unvollkommenen Elasticität des Eisenbeins. Besonders sorgfältig muß man bei dem Versuche mit einer Reihe gleich großer Kugeln darauf sehen, daß dieselben in der Ruhe einander nur berühren und keinen Druck gegen einander ausüben, sowie daß ihre Mittelpunkte in derselben Geraden liegen.

Die Versuche über den schiefen Stoß gegen eine Ebene können einfach so angestellt werden, daß man die früher beschriebene Marmortafel (§. 73) senkrecht auf einen Tisch stellt und an irgend einem Gestelle eine Kugel an einem einzelnen Faden aufhängt, Fig. 277. Man zeichnet dann vorher die Winkel auf den Tisch und läßt die Kugel in der Richtung des einen Schenkels gegen die Platte

Fig. 277.



schlagen. Je unvollkommener die Elasticität der gebrauchten Kugel ist, desto kleiner fällt der Zurückwerfungswinkel aus, im Vergleiche mit dem Einfallswinkel, besonders wenn dieser groß ist. Allein bei Eisenbein tritt während der Zusammendrückung auch noch ein Gleiten der Kugel auf der Tafel ein, wodurch die mit der Tafel parallele Geschwindigkeit vermindert wird und die Kugel nach mehreren Schlägen nur noch senkrecht von der Platte abspringt. Einmal geht aber der Versuch recht gut. Auf einem Billard lassen sich die Gesetze des Stoßes weniger gut erklären, wenigstens nicht für

den Anfang, da hier die Kugeln außer der gleitenden Bewegung, die bei schwachem Stoße auch ganz fehlt, noch eine rotirende haben, deren Richtung bald mit der gleitenden zusammenfällt, bald ihr entgegenwirkt, ja auch einen Winkel mit ihr macht. Die unvollkommene Elasticität des Eisenbeins zeigt sich besonders auffallend beim schiefen Stoße zweier Kugeln, wo für vollkommene Elasticität die gestoßene und die stoßende Kugel nach dem Stoße unter einem rechten Winkel auseinander laufen sollten.

125 Von der Reibung. Zu diesen Versuchen nimmt man, wenn es sich nur darum handelt, die Größe der Reibung für Holz auf Holz und die hauptsächlichsten Gesetze zu zeigen, den in Fig. 79 abgebildeten Apparat im zugeklappten Zustande. Man bedient sich hierzu eines ungleichseitigen senkrechten Holzprismas, das man auf seinen verschiedenen Flächen mittelst Gewichten über die horizontal gestellte Vorrichtung schleift, und zwar so, daß die Fasern des

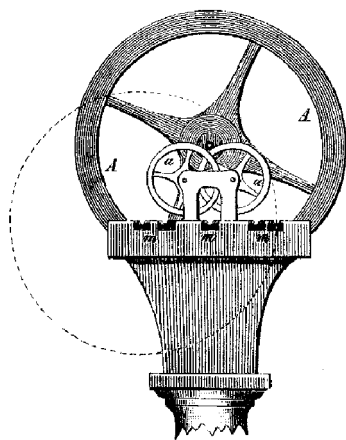
Holzes
recht zu
einen ei
cher die
Da ma
gewöhn
gleich r
will, u
genügte
man v
D
welchen
die par

Ne d
Jedes
sing,
gleich
werden
darf i
men,
Subst
wähnt
bedien

Holzes an den beiden sich reibenden Stücken bald unter sich parallel, bald senkrecht zu einander sind. Es muß hier natürlich das Prisma für jede Stellung einen eigenen Haken haben, damit die über die Rolle laufende Schnur, an welcher die Gewichte auf einer Wagschale angebracht werden, stets horizontal bleibt. Da man aber hier immer nur kleine Gewichte zulegen kann und man diese doch gewöhnlich nicht in viel größerer Zahl besitzt als die größeren, so muß man sich gleich von vornherein entschließen, bis auf welche Genauigkeit man sich einlassen will, und mit diesem Gewichte anfangen; das Quentchen wird beim Unterrichte genügen, und man nimmt dann immer wieder das kleinere Gewicht weg, bevor man vorsichtig das nächst größere auflegt.

Man kann auch so verfahren, daß man den Neigungswinkel bestimmt, bei welchem das Prisma auf der schiefen Ebene zu gleiten beginnt, und aus diesem die parallel mit derselben abwärts ziehende Kraft berechnet.

Fig. 278.



Um die Verschiedenheit der Reibung bei verschiedenen Unterlagen beim Unterrichte nachzuweisen, kann der in Fig. 278 abgebildete Apparat dienen; er ist aus dem Wuschenbroed'schen und Rollet'schen Tribometer zusammengesetzt. Ueber das aus mit heißem Del getränktem Holz oder aus Messing gefertigte Rad *AA* wird ein Band gelegt, welches auf beiden Seiten kleine Wagschalen trägt; in diese wird ein beliebiges, die Tragkraft des Apparates nicht übersteigendes aber doch ansehnliches Gewicht gelegt, und man versucht nun durch einerseits aufgelegtes Uebergewicht Drehung hervorzubringen. Hierbei legt man nach einander die wohlabgedrehte eiserne

Axe des Rades auf die Frictionsrollen *aa* und in die Zapfenlager *mm*... Jedes Paar dieser Lager besteht aus einem anderen Material, aus Eisen, Messing, Kanonenmetall, Zink, Holz u. dergl., und alle sind gleich gebohrt und gleich sorgfältig polirt. Der Versuch kann dabei mit und ohne Fett angestellt werden. Das Ganze befindet sich auf einem passenden Gestelle von Holz. Es darf sich hier natürlich nicht darum handeln, Reibungscoefficienten zu bestimmen, sondern nur darum, zu zeigen, daß die Reibung je nach den reibenden Substanzen verschieden ist. Frictionsrollen können hier um so weniger unterwähnt bleiben, als man sich ihrer auch beim Aufhängen jeder größeren Glocke bedient.

B. Versuche über Hydrodynamik.

- 126 Ausflussgeschwindigkeit.** Da das Gesetz von Toricelli nur gilt, wenn man die Geschwindigkeit der Flüssigkeit im Gefäße gegen jene in der Oeffnung vernachlässigen kann, so wird hierzu eine ziemliche Weite des Gefäßes erfordert, und sie vermindert die Ausflusgeschwindigkeit noch um 1 Procent, wenn das Gefäß einen hundertmal größeren Durchmesser hat als die Oeffnung. Man wählt zu den Versuchen ein Blechgefäß, welches in Fig. 279 in ungefähr $\frac{1}{10}$ der natürlichen Größe abgebildet ist, und versieht es mit einer communicirenden Röhre, neben welcher eine Scale sich befindet, die in Zolle und Linien oder in Centimeter getheilt ist, so daß man stets bequem den Stand des Wassers im Gefäß ablesen kann. Der Ausfluß kann durch vier Oeffnungen geschehen, wovon *m* vier und *n* sechzehn Zolle, jedenfalls alle eine ganze Zahl von Zollen oder Centimetern, von derjenigen Höhe absteigen, bis zu welcher das Gefäß gefüllt werden soll, und welche die Scale durch ihr Ende anzeigt. Alle diese Oeffnungen sind kurze, zwei Zoll weite Röhren, welche wie *a*, Fig. 280, in der Seitenwand *ww* stecken und durch Klappen verschlossen sind, welche durch Drähte oder

Fig. 279.

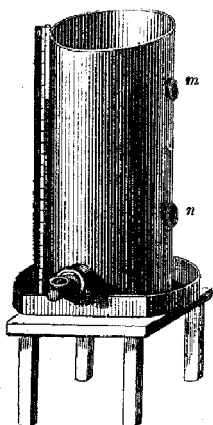
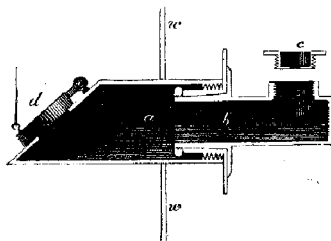


Fig. 280.



Schnüre aufgezogen werden können. Da die Klappen und Schieber leicht Wasser durchlassen und überdies eine Ansatzröhre erfordern, was die Versuche ungenau macht, so hat Weisbach bei seinen Versuchen einen Stöpsel angewendet, dessen Stiel horizontal durch das Gefäß reicht und in einer Stopfbüchse läuft. In diese Röhren werden die eigentlichen Ausflußöffnungen eingeschraubt, welche mit scharfem Rande versehen sind und deren man mehrere von $\frac{1}{3}$ bis

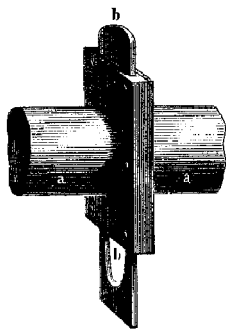
1 Linie
Röhre
seitlich
kann an
auf dem
einem z
beschrie
lich ist,
den eng
läßt. S
außerha
Vorthel

aufzuh
a gefül
was be
durchn
dazu, 1
weite b
zu verg

T
Versuch
Oeffnun
fäßes i
pen sich
U
sten der

1 Linie Durchmesser hat. In die unterste Seitenöffnung ist aber zuerst die Röhre *b*, Fig. 280, so eingesetzt, daß sie um ihre Ase gedreht werden kann; seitlich erst in diese Röhre wird die Ausflußöffnung *c* eingeschränkt, und man kann auf der am Rande getheilten Scheibe, die auf der Röhre *b* sitzt und sich auf dem Rande der Röhre *a* dreht, die Neigung der Oeffnung *c* ablesen. Aus einem zweiten Gefäße, welches gerade so hoch steht, als der obere Rand des eben beschriebenen, läßt man durch einen Hahn so viel Wasser zufließen, als erforderlich ist, um die Druckhöhe stets gleich zu erhalten; doch kann man letzteres bei den engen Ausflußöffnungen unterlassen, wenn man nur kurze Zeit ausfließen läßt. Anstatt der in Fig. 280 abgebildeten Klappe kann man die Röhre *a* außerhalb des Gefäßes mit einem Schieber, wie Fig. 281, versehen, was den Vortheil hat, daß durch das Oeffnen desselben keine unordentliche Bewegung im

Fig. 281.



Wasser entsteht, wie bei der Klappe. Noch besser wäre es, wenn jede Ausflußöffnung dicht vor der Oeffnung selber für sich mit einem solchen Schieber versehen wäre, und die Röhre mit einer Klappe, welche man nur schließen würde, wenn man die Ausflußöffnungen wechseln wollte. Bei der Einrichtung nämlich, wo der Verschuß der Röhre in einiger Entfernung von der Oeffnung liegt, ist man genöthigt, zuerst die Klappe zu ziehen und erst, wenn das Wasser in ruhigem Flusse sich befindet, in einem bestimmten Momente mit dem Auffangen des Wassers zu beginnen, und ebenso damit

aufzuhören, ehe man die Klappe schließt, weil beim Oeffnen erst die weite Röhre *a* gefüllt werden muß und beim Schlusse aus dieser noch Wasser nachfließt, was bewirkt, daß man ganz ungenaue Resultate erhält. Allein dieses Verfahren durchdringt immer das Arbeitslocal. Die drehbare Oeffnung *c*, Fig. 280, dient dazu, um die senkrechte Sprunghöhe mit der Druckhöhe, sowie um die Wurfweite bei verschiedenen Elevationen unter sich und mit der senkrechten Wurfhöhe zu vergleichen und die parabolische Bahn des Wasserstrahles zu zeigen.

Die vierte im Boden des Gefäßes befindliche Oeffnung dient zu denselben Versuchen, wie die Oeffnungen *m* und *n*; das Gestell ist zu dem Ende mit einer Oeffnung versehen. Der untere, um das Gefäß hervorstehende Rand des Gefäßes ist dazu bestimmt, das Wasser aufzunehmen, welches etwa durch die Klappen sich durchstrehlen sollte.

Um die herausgesfloßenen Mengen zu messen, bedient man sich am einfachsten der Wage, und hierfür ist es dann besonders bequem, wenn der Ausfluß-

apparat nach französischem Maße eingerichtet ist und man sich also des Grammgewichtes bedienen kann, wodurch alle Reductionen abgeschnitten werden. Sind die üblichen Hohlmaße in einfachem Verhältnisse mit dem Längenmaße, so kann man sich auch dieser bedienen, um die ausgeflossene Menge im Cubikmaße zu bestimmen.

Setzt man in eine der Ausflußröhren statt einer Oeffnung in dünner Wand verschiedene konische Oeffnungen ein, so kann man ihren Einfluß ebenfalls nachweisen; den Einfluß der Länge cylindrischer Röhren auf die Ausflußmenge zeigt man ganz einfach durch zwei von demselben Stüde genommene, möglichst gleich weite Glasröhren, die man mittelst Kork successive in eine Oeffnung des Gefäßes steckt; man nimmt die eine Röhre viermal so lang als die andere.

Bei den Versuchen selbst mißt man die Zeit durch eine Secundenuhr oder ein Secundenpendel mit lautem Schläge. Man muß aber hier wie in allen ähnlichen Fällen mit 0 zu zählen anfangen und nicht, wie es so leicht geschieht, mit 1.

Um die Wurfweite zu experimentiren, wählt man am einfachsten den horizontalen Wurf. Man rechnet dann aus der Höhe der Oeffnung über dem Boden die zum Fallen erforderliche Zeit und aus der bereits berechneten theoretischen Ausflußgeschwindigkeit die Wurfweite für diese Zeit, trägt diese auf dem Boden ab, und der Wasserstrahl wird immer sehr genau an der bezeichneten Stelle eintreffen, während man bei senkrechtem Sprunge meist nur etwa 95 Procent der Druckhöhe erhält.

Wenn man Versuche über Ausflußmengen macht, so muß man übrigens nie zu enge Oeffnungen nehmen, wenn man wirklich 63 Procent der theoretischen Ausflußmenge erhalten will, d. h. jener Menge, welche man erhält, wenn die Fläche der Oeffnung mit der berechneten Geschwindigkeit multiplicirt wird. Daß man die Durchmesser der Oeffnungen hierbei sehr genau (bis auf 0,1 Millimeter sicher) haben müsse, versteht sich wohl von selbst. Bestellt man einen solchen Apparat beim Mechanikus, so kann man verlangen, daß die Durchmesser der Oeffnungen in möglichst kleinen Zahlen — in ganzen Millimetern z. B. — ausdrückbar seien.

Ein solches Gefäß, wie es hier beschrieben ist, kommt ziemlich theuer, allein man kann die Versuche auch mit dem sogleich zu beschreibenden Mariotte'schen Gefäße anstellen, oder mit jedem Blechgefäße von hinlänglicher Weite und etwa 6 Zoll Höhe. In die Seitenwand bohrt man eine genau 2 Millimeter weite Oeffnung und eine andere etwa einen Centimeter weite, um welche eine kurze Blechröhre angelöthet wird. Bei einem solchen Gefäße verschließt man die Oeffnungen durch Kork und fängt mit dem Auffangen erst an, wenn der Wasserstrahl in ruhigem Flusse ist. Zum Wechseln der Ausflußöffnung, d. h. wenn man statt der engen Oeffnung in der dünnen Wand eine Glasröhre in der

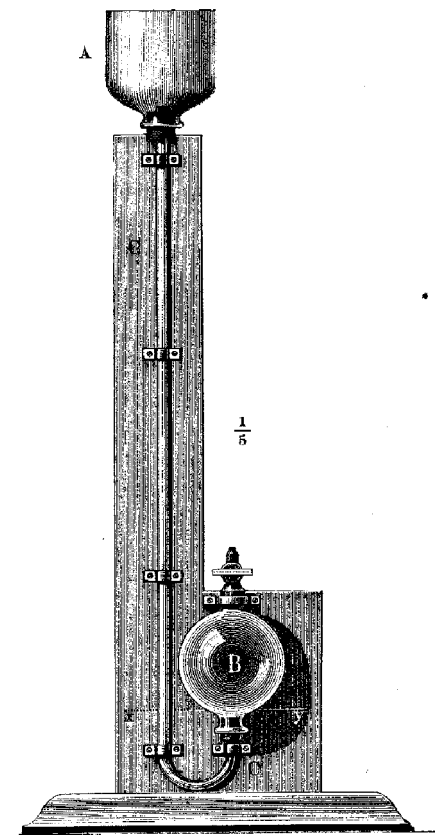
weitere
leert w

Wasser
Hahn
Wasser

in the
versch
(a. f. C.)

weiteren Oeffnung anwenden wollte, müßte das Gefäß freilich immer vorher geleert werden. Bei dem Mariotte'schen Gefäß hat man letzteres nicht nöthig,

Fig. 282.



man braucht nur die Luftröhre zu verstopfen und dann das Gefäß auf die Seite zu legen, um jede beliebige Oeffnung einsetzen zu können.

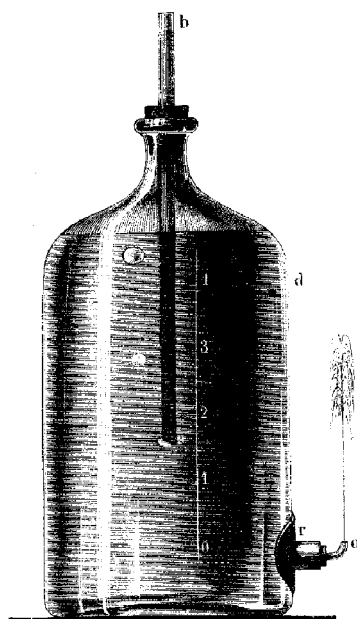
Alle Flüssigkeiten haben einerlei Ausflußgeschwindigkeiten bei gleicher Fallhöhe, es richtet sich die Ausflußgeschwindigkeit nach dem Drucke, der an der Ausflußöffnung statt findet. Dieses zeigt sich deutlich an dem in Fig. 282 abgebildeten Apparate. Die beiden Gefäße *A* und *B* sind durch die starke und 1 bis 2 Linien weite Glasröhre *CC* verbunden. *B* hat überdies eine zweite Oeffnung, auf welche eine Hülse aufgesteckt ist, in welche eine Springröhre mit Hahn geschraubt wird. Man füllt den Bogen der Glasröhre bis *xy* mit Quecksilber, dann das Gefäß *A*, nachdem die Springröhre abgeschraubt ist, mit

Wasser und zuletzt die Röhre und *A* wieder mit Quecksilber; wird nun der Hahn der Springröhre geöffnet, so erhält man einen Wasserstrahl, der jener Wassersäule entspricht, welcher der Quecksilbersäule Gleichgewicht halten würde.

Das Mariotte'sche Gefäß. Ein kleines derartiges Gefäß ist schon 127 in theoretischer Beziehung ein interessanter Apparat, den man sich übrigens leicht verschaffen kann. Man versteht nämlich ein etwas starkes Glasgefäß, Fig. 283 (a. f. S.), mit einem gut schließenden reinen Korkpfropf, der mit einer Oeffnung

versehen wird, welche etwas kleiner ist als die einzusetzende beiderseits offene Glasröhre *ab*. Diese wird von einer Barometerröhre genommen und an der

Fig. 283.



Ausflußversuchen müßte er einen Inhalt von 3 bis 4 Litres haben, und noch eine Druckhöhe von etwa 12 Centimetern gestatten. Obwohl bei niedrigeren Druckhöhen die durch das Eintreten der Luftblasen im Wasserstrahle entstehenden Pulsationen sehr merklich werden, so erhält man doch ziemlich genaue Resultate. Um die jedesmalige Druckhöhe zu messen, zeichnet man auf die Flasche selbst mit dem Diamant eine in Centimeter oder Zolle getheilte Scale.

Will man überhaupt durch ein solches Gefäß nur einen gleichförmigen Wasserstrahl erhalten, so bedarf es keiner seitlichen Oeffnung; man durchbohrt dann nur den Kork doppelt und setzt neben der Luftströhre noch einen bis nahe an den Boden des Gefäßes reichenden Heber ein.

128 Die Beschaffenheit eines senkrecht abwärts fließenden Wasserstrahles kann durch den Apparat Fig. 279 nicht gezeigt werden, wenn er schon mit einer Oeffnung im Boden versehen ist; man kann solche viel besser an einer kleineren Oeffnung zeigen, die man in dem Boden irgend

Lampe unterhalb etwas ausgezogen, worauf man sie so heiß in die Oeffnung des Korks eindreht, als möglich ist, ohne denselben anzubrennen, man erhält so einen sehr guten Schluß. Seitwärts bohrt man mit einem kupfernen Ringe auf der Drehbank eine Oeffnung von ungefähr einem halben Zoll Durchmesser in das Gefäß und läßt an eine Blechröhre von etwas größerer Weite einen Rand löthen, der gerade auf die Flasche paßt und mit Siegelack aufgestittet wird. In diese Röhre steckt man durch einen zweiten kurzen Kork eine kurze gläserne Ausflußröhre *o*, oder richtet sie zum Aufschrauben verschiedener Ausflußöffnungen ein.

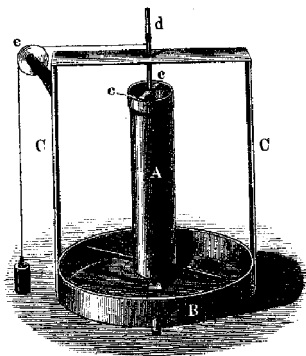
Wo man zu irgend einem Zwecke einen anhaltenden, gleichförmigen, wenn auch nur schwachen Wasserstrahl nöthig hat, ist ein solcher Apparat sehr bequem; zu eigentlichen

eines blechernen Gefäßes anbringt, da es hier nicht auf einen gleichen Druck ankommt. Will man dabei nicht auch die Zusammenziehung des Strahles berücksichtigen, so zeigt das aus einem etwas feinen Heber ausfließende Wasser oder Quecksilber dieselbe sehr schön.

Das Segner'sche Wasserrad. Da es sich für den Unterricht 129

mehr darum handelt, die Wirkung des Rückstoßes überhaupt zu zeigen, als das Maximum der Wirkung zu erlangen, so ist es nicht nöthig, daß die Arme der Maschine die sonst erforderliche Krümmung haben, und man kann dieselbe einfach aus Blech machen lassen, wie Fig. 234 zeigt. Es läuft dabei ein in den Bo-

Fig. 234.



den des Cylinders A eingelötheter eiserner Stift auf einem mit einer eingedohrten Vertiefung versehenen und auf dem Boden des Gefäßes B angelötheten Stückchen Eisen oder Messing. Quer über die Oeffnung des Cylinders A läuft der Steg ee, in welchen der Stift d geschraubt ist. Auf das Gefäß B ist der zweimal rechtwinkelig gebogene, zur Verstärkung an den Rändern umgelegte Blechstreifen CC gelöthet, welcher dem Stift d als Führung dient und die leichtbewegliche Rolle c trägt. Man wickelt

um den Stift d einen Faden, der über die Rolle geführt wird und eine Wagschale trägt, in der die Maschine ein gewisses Gewicht heben muß. Soll der Versuch länger fortgesetzt werden, so muß auch das Gefäß B eine Abzugsröhre haben; A kann man leicht stets voll erhalten.

Der Stossheber. Mohr hat einen solchen Apparat im Kleinen zu 130

sammengesetzt, der die Wirkung sehr gut zeigt und ohne viele Unkosten ausgeführt werden kann; er ist in den Fig. 285 und 286 (a. f. S.) abgebildet. Der Wasserbehälter h wird von einem Gestelle getragen, das unterhalb selbst wieder ein Wasserbehälter ist und auf dessen Boden die unteren Theile der Fig. 285 ihre Stützen haben. Die Röhre f führt das Wasser herab und ist entweder von Glas oder von Blei; unterhalb ist an sie das in Fig. 285 in natürlicher Größe abgebildete Ventil gefittet; das Stück g ist jedenfalls von Glas und führt durch Kork in das Gefäß n; nachdem g durch den Kork geführt ist, wird auch auf die innere Mündung von g eine Blechröhre aufgefittet, welche mit einem einfachen Klappenventil versehen ist. Die zweimal rechtwinkelig gebogene Glasröhre p

dient als Springröhre. Das Stoßventil, Fig. 286, besteht aus einem ebenen Metallplättchen, welches seine Führung durch ein Stäbchen in dem Bügel *a* hat und dessen Hub durch die mit einer Schraube versehene Kugel *r* regulirt werden kann; ebenso kann man sein Gewicht durch von der Kugel getragene, auf den Stiel geschobene Blechscheibchen reguliren. Die Röhre *a* und ihr Anfaß *b* sind von Blech gemacht. Man muß übrigens bei einem solchen Apparat die Geduld

Fig. 285.

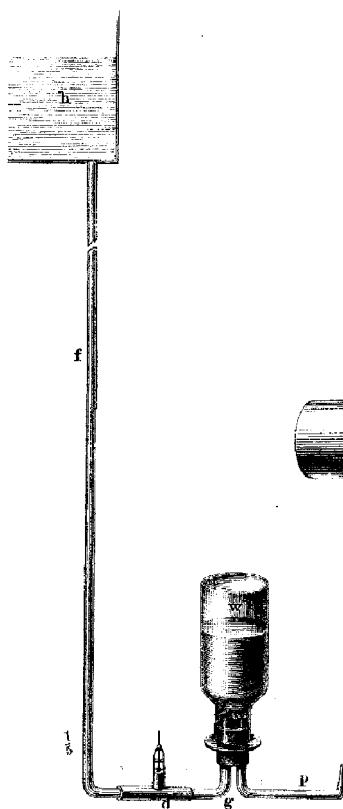
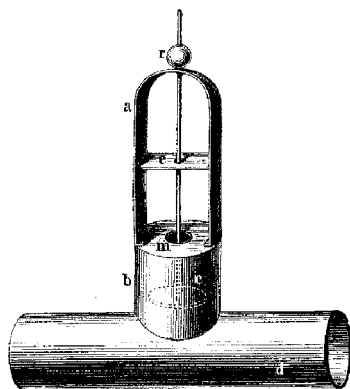


Fig. 286.

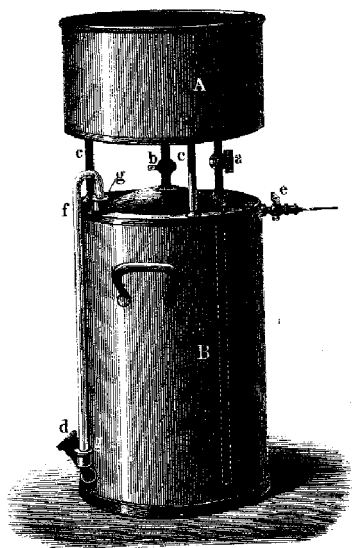


in Regulirung des Stoßventils nicht verlieren; denn nicht immer geht der Apparat sogleich, wenn er zusammengefaßt ist.

C. Versuche über die Bewegung der Gase.

Das Gasometer. Die Form der Gasometer, wie sie gewöhnlich ge- 131
braucht werden, ist in Fig. 287 in etwa $\frac{1}{10}$ der natürlichen Größe abgebildet.
Das obere Gefäß A ist mit dem unteren durch zwei Stützen *cc* und durch zwei

Fig. 287.



mit Hahnen versehene Röhren verbunden, von welchen *a* vom Boden des oberen Gefäßes bis nahe an den Boden des unteren reicht, *b* aber den Boden des oberen Gefäßes mit dem gewölbten Deckel des unteren verbindet; *d* ist eine kurze, nach oben gerichtete, mit Kork verschließbare Röhre, *e* dient zum Fortleiten der Gase und *fg* ist ein mit dem unteren Gefäß communicirender Wasserstandszeiger. Um das Gasometer mit Wasser zu füllen, verschließt man *d*, öffnet die Hahnen bei *a* und *e* und gießt Wasser in das obere Gefäß, welches die Luft aus dem unteren durch *e* verdrängt; will das Wasser bei *e* ausfließen, so verschließt man diesen Hahn und läßt den Rest der Luft durch *b*

entweichen. Um Gas einzufüllen, werden alle Hahnen geschlossen, *d* geöffnet und hier eine gekrümmte Gasentwicklungsröhre eingeführt, neben der das Wasser herausquillt, sobald das Gas eintritt. Ist das Gefäß B mit Gas gefüllt, so verschließt man *d*. Will man das Gas verwenden, so kann man entweder bei *e* Fortleitungsröhren anbringen oder es über *b* in Glasglocken auffangen. In jedem Falle muß natürlich das Gefäß A mit Wasser gefüllt und der Hahn *a* geöffnet sein. Im Allgemeinen ist nur noch zu bemerken, daß man ein solches Gasometer um billiges Geld aus Zinkblech verfertigen lassen kann, wenn man die erforderlichen Hahnen in Eisenladen oder noch besser in einer Leuchtgasfabrik kauft. Man findet nämlich unter den daselbst vorrätigen kleinen Hahnen im Preise von 20 bis 40 Kr. immer solche, welche für den gegenwärtigen Zweck gut genug schließen. Der Hahn *e* braucht nicht gerade in einer Schraubenmutter

zu endigen; man kann auch die Fortleitungsröhren durch Röhrenstücke aus vulkanisirtem Kautschuk mit denselben verbinden, was um so leichter geht, wenn das hervorragende Rohrstück noch etwas lang ist, wie man es bei den künstlichen Hahnen stets findet.

Noch wohlfeiler kann man zu einem kleinen Gasometer der Art kommen, wie die Gasometer in den Gasbeleuchtungsanstalten sind. Fig. 288 zeigt ein solches aus Zinnblech mit einer Zuleitungsröhre, welche zugleich zum Abführen der Gase dient. Letztere besteht aus Blei und man bekommt solche Bleiröhren von einem Durchmesser von 2 bis 3 Linien im Handel sehr billig (15 bis 16 Kr. pr. Pfd.). Wollte man dem Apparate größere Dimensionen geben und das innere Gefäß mehr als 5 bis 6 Zoll weit machen, so würde er im gefüllten Zustande schon schwer zu transportiren sein. Für diesen Fall müßte auf den Boden des äußeren Cylinders ein hohler cylindrischer Körper aufgelöthet werden, so daß für das Wasser nur der Zwischenraum zwischen diesen beiden Gefäßen

Fig. 288.

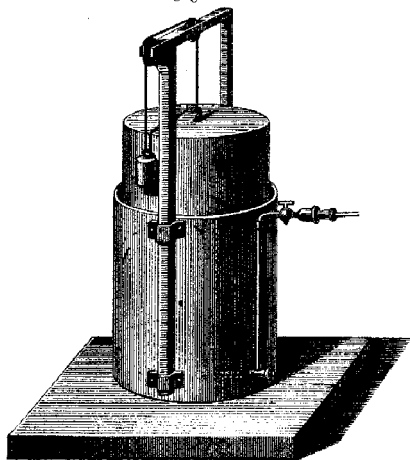
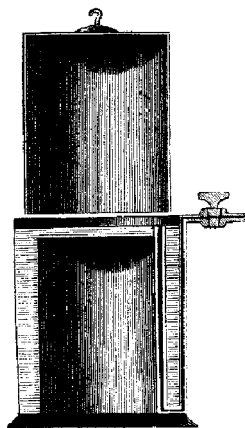


Fig. 289.



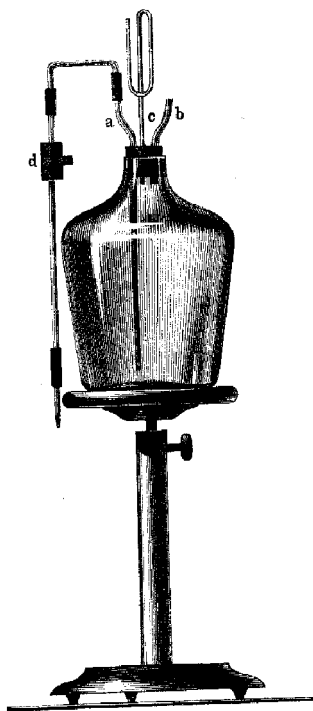
übrig bleibt, und in diesen Zwischenraum würde das bewegliche Gefäß tauchen. Fig. 289 zeigt einen solchen Apparat mit dem beweglichen Gefäße im Durchschnitte, wobei die Zuleitungsröhre an der Wand des inneren leeren Gefäßes heraufgeführt ist.

Will man das Gasometer nur an einer bestimmten Stelle gebrauchen, so kann man auch die Rollen an der Decke des Zimmers befestigen.

Will man überhaupt nur, ohne gerade auf den Gebrauch im Kleinen zu sehen, eine Vorrichtung, um die Einrichtung eines solchen Gasometers zu zeigen, so braucht man nur die Bleiröhren mit den Hahnen in ein Zuckerglas zu

biegen und eine passende Luftpumpenglocke darüber zu hängen, wo dann die Kolben an Haken in der Decke aufgehängt werden können, die man ja doch zu mancherlei anderen Versuchen dasselbst hat.

Fig. 290.

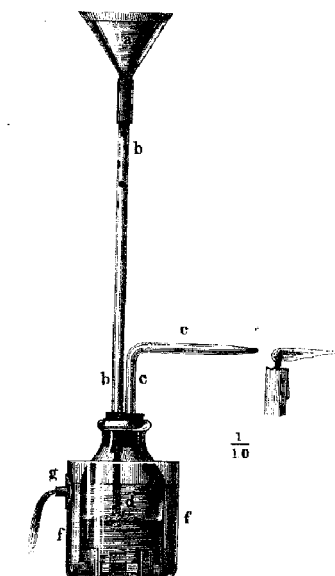


Soll ein solches Gasometer gefüllt werden, so öffnet man die Hähne, nimmt Gewichte ab und läßt die Glocke einsinken; sodann verbindet man den einen Hahn mit dem Gasentwicklungsapparat, indem man eine etwas weitere Röhre einerseits an den Hahn, andererseits an die Entwicklungsröhre steckt und durch Kautschuk oder auch nur mit nasser Schweineblase verbindet. Beim Füllen giebt man der Wagschale so viel Uebergewicht, daß sie gerade noch die Reibung zu überwinden vermag. Zum Füllen eines etwas größeren Luftballons ist ein solcher Apparat sehr bequem, weil das Gefäß Fig. 287 leicht zu klein sein dürfte.

Auf sehr einfache Weise zeigt Fig. 290, wie man jede größere Glasflasche in ein Gasometer verwandeln kann. Durch den gut passenden Kork führt man nämlich drei Röhren *a*, *b*, *c*, wovon die letztere nicht gerade nothwendig ist; *a* reicht bis nahe auf den Boden des Gefäßes und daran steckt man mittelst Kautschukröhrchen weitere Stücke,

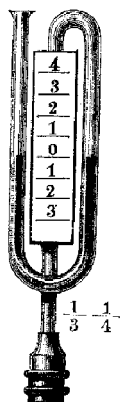
wie die Figur zeigt, um einen Heber daraus zu machen, dessen Ausfluß entweder durch angesteckte engere Stücke oder durch einen dazwischen angebrachten Hahn, dem durch *b* ankommenden Gaszufluß entsprechend regulirt wird. Man kann hierbei das Gas ansaugen lassen oder demselben einen gewissen Widerstand entgegensetzen, da das Manometer *c* den Druck anzeigt. Anstatt eines Hahns kann man auch einen wohl ausgefuchten Kork *d* verwenden, dessen Hauptdurchgang durch einen seitlich eingepaßten kleinen Kork verschlossen werden kann. Sollen die Gase durch *b* wieder abgeführt werden, so wird *a* mit einem oberen Wasserbehälter verbunden. Verwendet man eine Korkflasche, so muß ihr Rand ausgefeilt werden, weil sonst kein Kork gehörig fest hinein zu bringen ist.

132 **Wassertrommelgebläse.** Ein Modell einer solchen Vorrichtung kann man aus Glas sehr leicht zusammensetzen. Fig. 291 zeigt den theoretisch interessanten Apparat. An der Glasröhre *b*, welche oberhalb eine ziemliche Zahl von Böchern hat, deren Oeffnung etwa 1 Linie Durchmesser hat, steckt der Trichter *a*; über die Vereinigungsstelle beider ist ein starkes Kautschukrohr gestreift, die Röhre *b* geht nebst der gebogenen Röhre *c* luftdicht durch den Kork am Halse des Gefäßes *d*, dessen Boden abgesprengt ist. Das Gefäß *d* steht im Gefäße *f* auf drei Holzstückchen, bei *g* fließt das Wasser ab.



133

Fig. 292.



zu haben sind, daran, öffnet die Hähnen, zündet das Gas unmittelbar an der Röhre an und beobachtet die Zeit, welche zum Verbrennen eines gewissen Quantums erforderlich ist; sodann setzt man ein 8 bis 12 Fuß oder noch längeres Rohr von gleichem Kaliber an, wobei man die Länge der Röhren im Gasometer nicht vernachlässigen darf, und macht die gleiche Beobachtung. Schon die Planne giebt hier einen ganz augenfälligen Maßstab für die Verminderung der Ausflußmenge, wenn der Druck im Gasometer nicht über 1 Centimeter Wasser beträgt.

Das Gasometer wird mit Leuchtgas gefüllt, indem man, wenn es wie Fig. 288 beschaffen ist, nur geradezu irgend eine Brennoeffnung mit der Einstromungsröhre des Gasometers verbindet; durch Aufziehen der Glocke kann man das Einstromen des Gases beschleunigen. Ein Manometer wie Fig. 292, aber nur doppelt so groß als die Zeichnung,

wird auf
Gewicht
struiert,
röhre an
Druck in
muß dar
meter un
oder e a
Druck d
Gasomet

D
Blechsch

scheide i

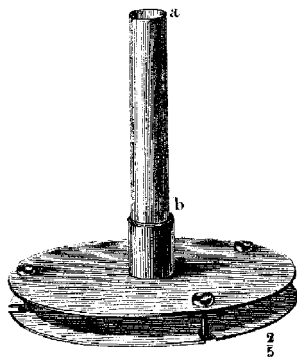
M
zen Kou
Zoll br
zum Pe
brauch
am Ka
starkem
Drähte
umgebo

M
motiven

wird auf die Glocke geschraubt und beim Ausströmen der Gase das erforderliche Gewicht auf die Glocke gelegt. Ist aber das Gasometer wie Fig. 287 construirt, so muß man an der Kautschukröhre eine gekrümmte Gasentwicklungs-
röhre anstecken und diese bei *d* einführen. Hat aber das Gas nur geringen Druck in den Leitungsröhren, so geht es bei dieser Construction nicht gut; man muß dann in die Oeffnung *d* ein Glasrohr mittelst Kork einfügen, das Gasometer umkehren, das Rohr mit der Leitung verbinden und das Wasser durch *b* oder *c* abfließen lassen. Ein Manometer läßt sich auch hier anbringen und der Druck des ausströmenden Gases läßt sich durch den Hahn *a* reguliren. Bei Gasometern wie Fig. 290 ergibt sich das Füllen von selbst.

Der Versuch von Clement und Desormes. Auf eine 134
Blechscheibe, Fig. 293, von 2 bis 4 Zoll Durchmesser, welche in der

Fig. 293.



Mitte eine Oeffnung hat, wird eine Hülse *b* gelöthet, und in diese eine passende Glas-
röhre *a* gefittet. Bläst man durch die
Röhre, während man die Blechscheibe vertical
und ein Blatt Papier in der Entfernung
von etwa $\frac{1}{2}$ Zoll dagegen hält, so klappt
dieses rasch gegen die Oeffnung und oscillirt
vor derselben. Man kann den Versuch auch
so abändern, daß man an die Scheibe
drei dünne Stifte anbringt, ein ebenfalls
rundes Blatt Kartenpapier mit etwas wei-
ten, den Stiften entsprechenden Oeffnungen
an diese steckt und nachher die Stifte um-
biegt; hierbei hält man dann die Blech-

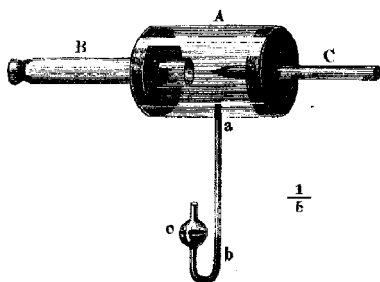
scheibe nach unten, wie die Figur zeigt.

Noch einfacher wird der Apparat, wenn man das Glasrohr in einen kur-
zen Kork steckt, diesen mit dem Rohre eben schneidet und dann eine etwa 2 bis 3
Zoll breite, runde Scheibe von dünnem glatten Pappendeckel (jene Sorte, wie sie
zum Pressen der wollenen Tücher verwendet wird, ist zu gar vielen Zwecken
brauchbar) an den Kork leimt, welche Scheibe ebenfalls durchlöchert wird. Nahe
am Rande steckt man drei glatte Drähte durch und an diese eine Scheibe aus
starkem Papier, die mit der Pappscheibe gleich groß ist. Die Löcher für die
Drähte werden verhältnißmäßig weit gemacht und die Drähte an beiden Enden
umgebogen.

Auf dem gleichen Gesetze beruht auch die Wirkung des Blaserohres der Loco-
motiven, wie man durch den Apparat Fig. 294 (a. f. S.) zeigen kann. *A* ist eine kurze

weite Glasröhre, wie man sie von einem weiten Lampenamine absprengen kann. Auf beiden Seiten paßt man Korkscheiben in dieselbe, und in eine dieser Scheiben eine weite *B*, in die andere eine enge und noch etwas spitz ausgezogene Glasröhre *C*. Mitten in die Röhre bei *a* bohrt man ein $1\frac{1}{2}$ bis 2 Linien weites Loch, in welches man eine heberförmig gebogene, nicht unter 1 Linie weite

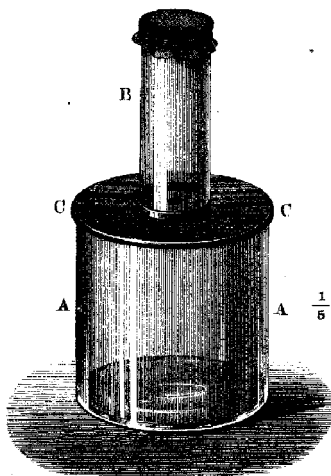
Fig. 294.



umgekehrt fallen; man sucht durch Verschieben der Röhren die wirksamste Stellung derselben, weshalb sie in die Korkscheiben gut eingepaßt sein müssen, damit sie ohne Kitt schließen.

Man kann den Versuch auch so anstellen, daß man die Röhre *abc* am Ende trichterförmig erweitert, in diese Erweiterung ein paar kleine glühende

Fig. 295.



Kohlen legt und dann durch die enge Röhre bläst; die Kohlen werden gut angefaßt.

Die von Reusch untersuchten Bewegungsercheinungen für den Fall, wenn Gase durch eine Oeffnung in einen schon mit Gas erfüllten Raum eintreten, kann man an dem Apparate Fig. 295 zeigen. Das Glasgefäß *AA* ist mit dem nur aufgelegten Deckel *CC* versehen, in dessen Mitte sich — in dünner Wand — eine kreisrunde Oeffnung befindet; in einen niedrigen Ring des Deckels kann das oben mit Kautschuk zugebundene Rohr *B* gestellt werden. Das Rohr *B* wird nun mit Rauch gefüllt und auf die straffe Kautschukdecke ein momentaner oder länger dauernder Druck ausgeübt, wo man

dann im
Deckel in
Nähe m
zeigen,
das man
und dan
man ein

Man
Seite, v

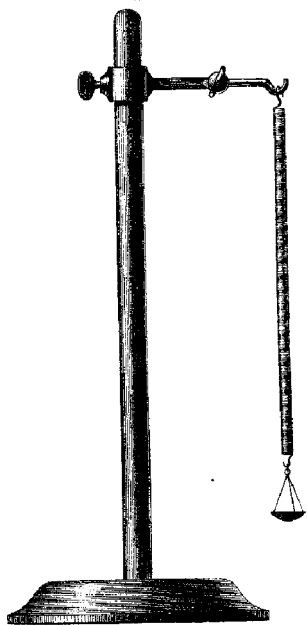
dann im unteren Gefäße die Form der einströmenden Luft sehen kann. Ist der Deckel innerhalb der kurzen Hülse weiter ausgeschnitten, so kann man hier dünne Platte mit verschiedenen Oeffnungen einlegen. Will man nur die Rauchringe zeigen, so dient auch ein aus Papier würfelförmig zusammengeleimtes Gefäß, das man vorher durch die in einer Seite befindliche Oeffnung mit Rauch füllt und dann auf die untere Seite einen Stoß auslßt. Selbst aus Spielkarten kann man eine solche Vorrichtung zusammensetzen.

Drittes Capitel.

Versuche über Wellenbewegung und Akustik.

Aus dem Gesetze der Bewegung eines Körpers, welcher, wie die schwingende 136 Saite, von einer Kraft getrieben wird, die jederzeit dem Abstand des Körpers von

Fig. 296.



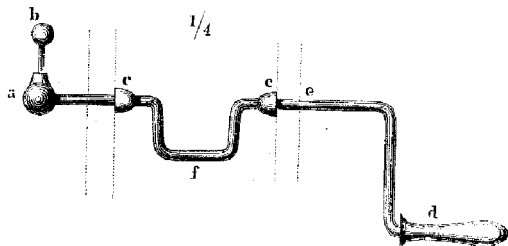
der Gleichgewichtslage proportional ist, hat Eisenlohr folgenden Versuch abgeleitet, der da, wo man sich auf die Gesetze dieser Bewegung einlßt, dieselben sehr gut erläutert. Man nimmt eine Drahtspirale, die am zweckmäßigsten aus Stahldraht (Klavierfaite) über einem etwa 5 Millimeter dicken Drahte (Rundstahl) dicht aufgewickelt wird, von 2 bis 4 Decimeter Länge, biegt ihre Enden erst gegen die Aze, dann in der Richtung der Aze zu Defen und hängt sie an einem Gestelle, wie in Fig. 296, auf. An das untere Ende kommt eine Wagschale, deren Gewicht eine ganze Zahl Gramme beträgt. Man überzeugt sich durch Versuche, wie viel die Spirale tragen kann, ohne daß sie sich dauernd streckt, wozu immerhin mehr als 200 Gramm erforderlich sein werden, und belastet dieselbe mit der Hälfte des Gewichts. Diese Hälfte + dem halben Gewicht der Spirale selbst der Wagschale sei P . Eine solche Spirale verlängert sich, wenn der Draht gut war, für je weitere 10 Gramm

= p , bis zu 40 ja bis 80 Gramm um gleichviel. Diese Verlängerung mißt man, sie sei e , und rechnet aus $ae = p$ die Größe a , so giebt $T = 2\pi \sqrt{\frac{Pe}{ag}}$ die Zeit einer ganzen Schwingung der Spirale, wenn man sie mit der Hand etwas weiter streckt und dann losläßt; auch ist $\frac{pe}{p} =$ der Länge des einfachen Sekundenpendels, welches mit der Spirale isochronisch ist.

- 137 **Wasserwellen.** Es wird hier nur nöthig, die Erfahrungen, die man freilich oft machen könnte, in Bezug auf die einfachsten Erscheinungen noch einmal vorzuführen. Zu diesem Zwecke verwendet man ein etwas großes Gefäß voll Wasser, in das man aus einer Pipette einzelne Wassertropfen fallen läßt, um dabei den Erfolg eines einzigen Tropfens, dann mehrerer in abgemessenen Zwischenräumen an dieselbe Stelle fallender Tropfen zu zeigen, so daß die auf einander folgenden Wellen ein System bilden. Ebenso erregt man zwei Wellensysteme, deren Mittelpunkte mehr oder weniger von einander entfernt sind, um auf die Interferenzen aufmerksam zu machen. Zuletzt würde dann die Zurückwerfung der Wellen von der Wand des Gefäßes oder von einem hineingestellten Brette gezeigt. Stellt man eine mit einem zollweiten Schlitz versehenen Wand hinein, so kann man auch die Beugung der Wellen zeigen.

Sehr geeignet zur Demonstration dieser wie anderer Wellenerscheinungen sind die Müller'schen stroboskopischen Scheiben und der von Eisnlohr verbesserte Wheatstone'sche Apparat, der jedoch ziemlich theuer zu stehen kommt, dagegen aber den Vortheil hat, daß man die Erscheinung dem ganzen Auditorium zugleich zeigen kann. Folgendes Stück wird man jedoch überall leicht anfertigen lassen können. Fig. 297 zeigt eine aus Draht gebogene Axt, welche einerseits

Fig. 297.



in eine Schraube endet und daran den hölzernen Knopf a trägt, welcher seinerseits wieder an einem dünnen Drahte die etwas große Glasperle b hält, am anderen Ende aber zur Kurbel gebogen ist, wobei zwei angelöthete Knöpfe cc sein Verschieben in den Lagern

verhindern. Solcher Drähte, etwa halb so dick, und ohne die Knöpfe cc und die Kurbel d , also nur bis e reichend, befinden sich einige zwanzig in dem Kasten A , Fig. 298, der für alle das gemeinschaftliche Lager bildet und unter welchen

dann Fig.
Kastens

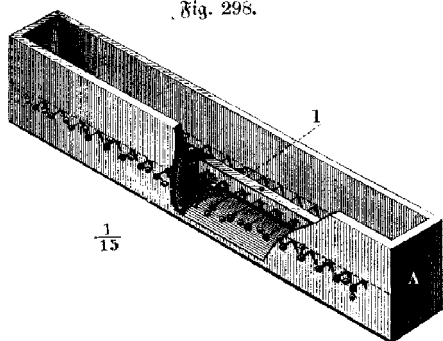


das Dre
Knöpfe
die Stell
zeigt. L
perlen st

Fi
bar flüß
Pappe
Holz sch
schleift
kommt
den ein
interfer
zu einer
auf irge
leicht ve

S
nicht zu
20 Fuß

dann Fig. 298 die mittelfte Stelle einnimmt. Die langen Seitenwände des Kastens sind nach der punktirten Linie zusammengeklappt, so daß die Axen alle vor der Verbindung der



vor der Verbindung der Theile eingelegt werden und die Knöpfe *a, b* alle auf einer Seite vorstehen. Die gebogenen Stücke *f*, Fig. 297, aller dieser Axen werden nun in die Leiste *l*, Fig. 298, gefaßt, welche hierfür aus zwei durch Schrauben verbundenen Leisten besteht und in ihren Hälften die erforderlichen Einschnitte hat, so daß durch

das Drehen der Kurbel *d* alle Axen gemeinschaftlich bewegt werden können. Die Knöpfe *a* werden nun auf ihren Schrauben so gedreht, daß die Glasperlen *b* die Stellungen einnehmen, wie sie Fig. 299 für zwölf auf einander folgende zeigt. Wird nun die Kurbel *d* der mittleren Ase gedreht, so bilden die Glasperlen stets eine fortschreitende Wellenlinie.

Fig. 299.



Ein schöner Versuch über die Reflexion und Interferenz der Wellen tropfbar flüssiger Körper ist folgender: Man macht sich ein Gefäß aus Holz oder Pappe von 3 bis 4 Zoll Länge, dessen Wände elliptisch gekrümmt sind. Bei Holz schneidet man eine elliptische Oeffnung in ein Brettchen von hartem Holze, schleift sie mit Bimsstein aus und leint einen Boden darauf. In das Gefäß kommt Quecksilber und man läßt nun aus einer Pipette Quecksilbertropfen in den einen Brennpunkt desselben fallen; die an der Wand reflectirten Wellen interferiren mit den directen Wellen und vereinigen sich im anderen Brennpunkte zu einer kleinen Erhöhung. Es ist gut, wenn die Pipette über dem Brennpunkte auf irgend eine Weise befestigt ist, weil man sonst denselben beim Eintröpfeln leicht verfehlt.

Seilwellen. Das Seil, welches hierzu gebraucht werden soll, muß 138 nicht zu dick und so lang genommen werden, als es der Lehrsaal erlaubt; für 20 Fuß ist ein Durchmesser von 2 bis 3 Linien ausreichend; vor Allem muß

es sehr weich sein, und wenn man daher nicht gerade ein passendes altes Seil erhalten kann, so muß man das gewählte neue mit einem hölzernen Hammer auf hölzerner Unterlage im zusammengewickelten Zustande recht weich klopfen.

Das Seil wird an einer Wand angehängt und mit der Hand am anderen Ende nur schlaff gehalten. Ein horizontaler Rind mit der Hand erzeugt je nach seiner Größe und Schnelligkeit an dem Seile eine verschiedne lange Welle, welche bis an das andere Ende fortläuft, dort reflectirt wird, wieder zur Hand zurückkehrt und dieses mit abnehmender Stärke noch ein- bis zweimal wiederholt.

Führt man fort, die Hand hin und her zu bewegen, so gelingt es leicht, die Wellenlänge am Seile so zu treffen, daß sie ein aliquoter Theil der Seillänge ist und also die reflectirten Wellen mit den neu erzeugten ursprünglichen stehende Wellen bilden.

Anstatt des Seils kann man auch einen Schlauch aus vulcanisirtem Kautschuk oder eine etwa 3 Meter lange Drahtspirale verwenden. Letztere darf aber nicht so dünn sein wie Hosenträgerdraht, sie muß 2 bis 3 Linien Durchmesser haben.

- 139 **Schwingungsknoten auf Stäben.** In den in einem der folgenden Paragraphen beschriebenen Halter oder in einen kleinen Schraubstock kann man ein Stäbchen von etwa 1 Quadrat-Centimeter Querschnitt und 3 bis 4 Decimeter Länge aus recht feinem und geradsäferigem Tannenholz einspannen und mit dem Geigenbogen anstreichen. Hält man dabei den Finger auf $\frac{1}{3}$ des Stäbchens und bestreut die obere Seite mit Sand, so kann man durch verticales Anstreichen in der Nähe des Fingers, aber gegen den Halter zu, einen Schwingungsknoten erzeugen. Will man an frei liegenden Stäben, z. B. Stahlstäben, die Schwingungsknoten zeigen, so legt man dieselben entweder auf Fäden oder auf zwei hölzerne Stege so, daß die unterstützten Stellen beiderseits um $\frac{1}{6}$ der ganzen Länge von den Enden abstehen. Ganz besonders schönen Klang geben dabei gehärtete Stahlstäbe von rechteckigem Querschnitte, deren Dicke etwa $\frac{1}{4}$ der Breite beträgt. Der Anschlag geschieht am besten mittelst eines belebten hölzernen Hammers.

- 140 **Schwingungsknoten an Saiten.** Zur Hervorbringung von Schwingungsknoten an Saiten bedient man sich des Monochords, wovon die Beschreibung später folgt. Man hat dabei nur die Vorsicht zu beachten, daß man die Papierstreifen, welche auf die Knoten kommen, recht schmal nimmt; gewöhnlich setzt man auch auf die Knoten Streifen von anderer Farbe.

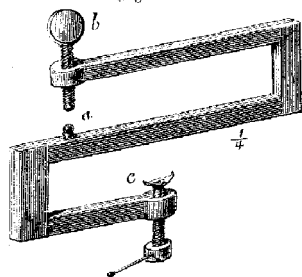
Fig. 300 zeigt ein solches Reiterchen in natürlicher Größe. Die Spannung der Saite ist ganz gleichgültig, wenn sie nur einen Ton giebt, und der Fig. 300. darunter gesetzte Steg dieselbe ein wenig aufwärts spannt, damit sie fest auf ihm liegt. Am besten setzt man die Saite mit dem Geigenbogen in Schwingung, wobei man ihn in der Nähe des Steges aufsetzt, und senkrecht zur Länge der Saite streicht.



Schwingungsknoten auf Flächen. Klangfiguren. Bei 141

der Auswahl der Glasscheiben für diesen Zweck sehe man auf reines, gleichförmig dickes Glas von der Stärke des gewöhnlichen Fensterglases. Wenn es dick ist, so sind die Scheiben freilich dauerhafter, geben aber nicht leicht complicirtere Figuren. Die Größe ist an sich ziemlich gleichgültig, quadratische Scheiben können von 1 bis 2 Decimeter Seite erhalten; zu kleine Scheiben geben aber nur schwer complicirtere Figuren und zu große brechen leicht. Die Ränder werden auf einem Sandsteine ihrer scharfen Kanten beraubt. Zum Einspannen ist der Apparat Fig. 301 sehr bequem; er wird von Eisen oder recht zähem Holze gemacht, und zwar aus letzterem verhältnißmäßig stärker. Den festgenieteten kleinen Knopf *a*, sowie das knopfförmige Ende der Schraube *b* überbindet man mit einem Stückchen starken Handschuhleders. Mittelfst der Schraube *c* wird dieser Halter am Rande eines Tisches befestigt.

Fig. 301.



Zum Streichen nimmt man am besten einen Violoncellbogen, da Violinbögen etwas schwach sind; er wird straff gespannt und wohl mit Kolophoninm bestrichen.

Soll nun irgend eine bestimmte Klangfigur gemacht werden, so spannt man die Glasscheibe an einem Kreuzungspunkte der Knotenlinien zwischen die Köpfe von *a* und *b*, hält an eine dem eingepaanten Punkte nahe liegende Stelle des Randes, an welcher ein Ast einer Knotenlinie auslaufen soll, die Spitze des Fingers an die Scheibe und streicht nun mit dem Bogen vertical an einer solchen Stelle des Randes, an der die Scheibe Bewegung machen muß, herunter, nachdem man vorher mit der Hand staubfreien Sand auf die Scheibe gestreut hat. Gewöhnlich muß man wiederholte Bogenstriche machen, bis die Figur rein ist. Der geeignetste Sand ist der Streusand von den Goldwäschen. Nicht immer wird die verlangte Figur gelingen, man wird oft eine andere, als die gesuchte, erhalten; es hängt dieses von der nach verschiedenen Richtungen ungleichen Elasticität der Glastafel ab. Gelingt es bei den drei Punkten zum Einspannen, Anhalten und Aufstreichen nicht, so versucht man es mit anderen. Für den Unterricht genügt es aber, das senkrechte und das schiefe Kreuz auf einer quadratischen Scheibe, das Kreuz und den sechsstrahligen Stern auf einer runden Scheibe zu zeigen, und diese fehlen selten. Für alle spannt man in der Mitte ein, hält an einem Aste der Figur an und streicht zwischen zwei Ästen, also beim senkrechten Kreuze auf einer quadratischen Scheibe nahe an der Ecke. Bei wiederholten Versuchen muß man das Leder an den Köpfen

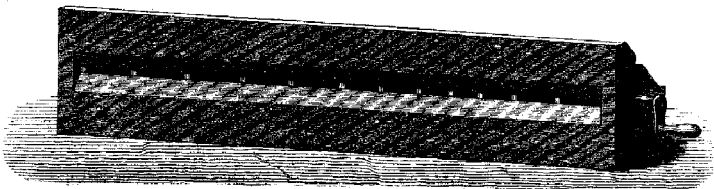
a und b stets von Sand reinigen; denn sonst schneiden gern einzelne Sandkörner beim Zuschrauben in das Glas und dann bricht die Scheibe beim Anstreichen. Aber bei aller Vorsicht wird man öfter Scheiben zerbrechen, weil unter die Schraube kommende Sandkörner in das Glas schneiden; es ist dieses ein Uebelstand, der bei Glastafeln unvermeidlich, aber um so lästiger ist, wenn man für einen später zu erwähnenden Versuch stets wieder dieselbe Tonhöhe hervorbringen soll.

Metallplatten wären daher unstreitig vorzuziehen, wenn es nicht so schwer wäre, sie von einigermaßen gleichförmiger Elasticität zu erhalten. Complicirte Figuren, die also hohen Tönen zugehören, erhält man zwar durch eine eben gerichtete Messingplatte leicht, schwerer aber die einfachen. Am besten erreicht man den Zweck auf folgende Weise. Man läßt eine Messingplatte von etwa 1 bis $1\frac{1}{2}$ Millimeter Dicke und 6 bis 8 Zoll Seite mit hölzernem Hammer eben richten, befeilt sie quadratisch und erhält sie nun etwa 5 bis 10 Minuten lang zwischen einem Haufen gut angefachter Kohlen möglichst gleichförmig rothglühend. Nach dem langsamen Erkalten wird dieselbe zuerst mit Bimsstein und Wasser, dann mit einem Stücke buchener Kohle und Del rein geschliffen. Wenn das Messing gut war, so giebt eine solche Scheibe immer die beiden Kreuze.

Um die Knotenlinien von glockenförmigen Körpern sichtbar zu machen, dient jeder etwas weite Glascyliner, selbst jedes dünnrandige Trinkglas. Man füllt dasselbe zur Hälfte mit Wasser und streicht den Rand mit einem gut geharzten Geigenbogen; kleinere Gläser hält man dabei am Boden mit zwei Fingern auf dem Tische fest, größere Gläser bedürfen natürlich des Haltens nicht.

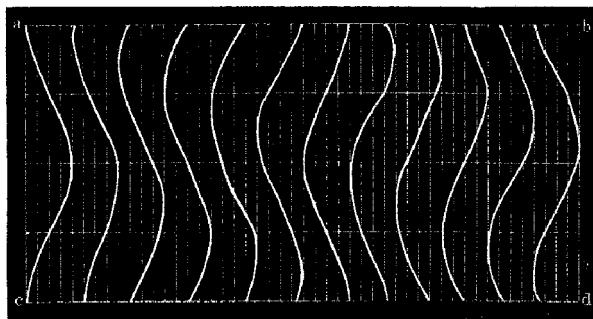
- 142 **Wellen in elastischen Flüssigkeiten.** Wie durch die geradlinigte Hin- und Herbewegung der einzelnen Lufttheilchen und dadurch, daß jedes folgende Lufttheilchen später in die Bewegung hineingezogen wird, abwechselnd verdichtete und verdünnte Stellen erzeugt werden, welche selbst nach der Richtung der Bewegung fortschreiten, zeigt man entweder an den Müller'schen stroboskopischen Scheiben, deren eine hiesit gezeichnet ist, oder noch besser durch den in Fig. 302 abgebildeten Wheatstone'schen Apparat. Derselbe besteht aus einem geschwärzten hölzernen Kasten, der auf der Vorderseite

Fig. 302.



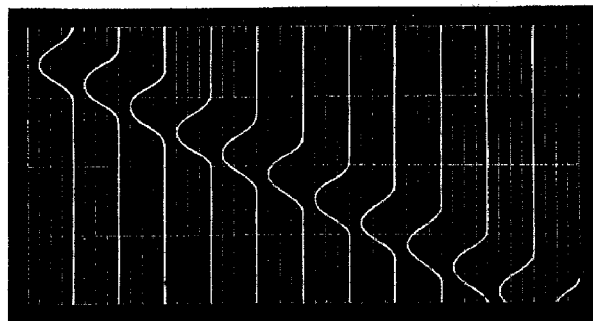
einen etwa 1 Centimeter weiten Schlitz hat; gegen diesen Schlitz ist das Holz des Kastens abgeflacht; oben ist der Kasten offen. In diesen Kasten legt man eine hölzerne Walze, deren Axe parallel und in gleicher Höhe liegt mit dem Schlitz. Die Walze muß so groß sein, daß sie an dem Schlitz beinahe anliegt; man läßt dieselbe etwa 1 Meter lang und 15 bis 18 Centimeter dick machen. Wenn man dieselbe nur 1 Decimeter dick nimmt, so zeigen die weißen Striche im Schlitz ein starkes Hin- und Herneigen, da man den Schlitz nicht wohl enger machen kann, als oben angegeben ist, wenn die weißen Punkte in einem größeren Auditorium gesehen werden sollen. Die Walze wird aus mehreren Stücken gut ausgedörrten Holzes zusammengeleimt und es ist gut, dieselbe ehe sie ganz fertig gedreht wird, wieder einige Wochen liegen zu lassen. Eine hohle Walze hält sich besser als eine massive. Die Walze erhält einen Ueberzug von Papier, der eine Röhre bildet, welche nur auf die Walze gestreift wird, um damit wechseln zu können. Fig. 303 zeigt einen solchen Ueberzug, der

Fig. 303.



über die Walze gestreift und an den Rändern ab — cd vereinigt wird.

Fig. 304.



Befindet sich dieser Ueberzug auf der Walze und diese wird in der Richtung *ca* gedreht, so bildet jeder der dicken weißen Striche — die anderen dienen nur zur Construction und werden nachher schwarz überstrichen — einen weißen Punkt im Schlige des Kastens, welcher während der Umdrehung in der Richtung des Schlages hin- und hergeht, während die Verdichtung selbst in der Richtung *ab* fortschreitet. So wie hier nur eine Verdichtung und Verdünnung auf die ganze Walze gezeichnet ist, so kann man auf einen zweiten Ueberzug zwei Wellen aufzeichnen, so daß die eine Verdichtung am Ende und die zweite in der Mitte beginnt. Fig. 304 (a. v. S.) zeigt den ideellen Fall, wo ein Lufttheilchen nur einen Hin- und Hergang macht und dann wieder zur Ruhe kommt.

vielmeh
Centrum

Fig. 3

mäßig
gerade
bewegun
Bewegu
muß zu
bohren,
die offe
feinem
zu zeig
damit
Deckel
Länge,U
die To
machen
geleinte
Ton, a
wenn r
dicke be
körper
tiefen.
den Ei

143 Fortleitung des Schalles in Röhren. Man bekommt jetzt hierzu ganz besonders geeignete Röhren aus Guttapercha, die man in beliebiger Länge haben kann, je nachdem die Localität es erlaubt; auch Schallbecher und in dieselben passende Marmpfeifen sind im Handel zu haben.

144 Reflexion des Schalles. Zu diesem Versuche kann man einen für die Reflexion der Wärme bestimmten Hohlspiegel verwenden. Eine in den Brennpunkt desselben gebrachte Taschenuhr wird in der Richtung der Axe des Spiegels in ziemlicher Entfernung noch gehört, wenn die Umgebung sich gehörig still verhält.

145 Die Theorie der Pfeifen wird am deutlichsten mittelst der Wellen-scheiben von Prof. Müller erklärt. Man muß dieselben, wie überhaupt die stroboskopischen Scheiben, etwa $1\frac{1}{2}$ bis 2 Fuß von dem Spiegel entfernt halten. Man bekommt dieselben vom Mechanicus Albert in Frankfurt, könnte sie aber freilich nach der an geeigneter Stelle in diesem Buche gegebenen Anweisung selbst fertigen.

146 Versuche mit Pfeifen. Von einem Orgelbauer kann man leicht ein paar oder selbst eine ganze Octave Holzpfeifen erhalten. Ein Gebläse nebst Windlade dazu, um diese Pfeifen darauf zu stecken, ist wohl bequem, aber nicht nöthig, kann auch nicht wohl selbst angefertigt werden; läßt man es anfertigen, so muß es für etwa 12 Pfeifen gebohrt sein und auch Tasten oder wenigstens durch Schieber verschließbare Oeffnungen haben. In eine der Pfeifen wird ein Stöpsel, wie Fig. 305, gerichtet, der an seinem Kopfe ringsum, aber nicht auf seiner Basis beledert wird, um die Versuche mit gedeckten Pfeifen anzustellen. Auf dem Stiele dieses Stöpsels kann man nun sogleich verzeichnen, wie weit derselbe eingeschoben werden muß, damit man die verschiedenen Töne einer ganzen Octave, sowie andere Töne, die man etwa öfter braucht, erhalte. Will man an einer solchen Pfeife Oeffnungen anbringen, um die Schwingungsknoten oder

vielmehr die Bäuche zwischen ihnen zu zeigen, so bohrt man dieselben mit dem Centrumborher in einer Weite von 2 bis 3 Linien aus und versieht sie mit

Fig. 306.



einer Klappe. Eine solche läßt sich aus einem, wie in Fig. 306 zugeschnittenen Stückchen Holze sehr leicht machen. Man leimt

Fig. 305.



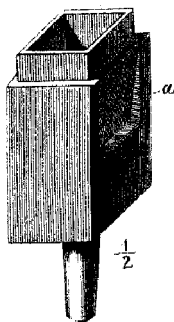
nämlich auf die Fläche desselben ein Stückchen weißes Schafleder und das hervorragende Ende *b* dieses Leders auf die Pfeifenwand; die Fleischseite des Leders wird nach der Oeffnung gerichtet und eine Drahtfeder *c* dient dazu, die Klappe gegen die Oeffnung zu drücken. Man könnte letztere auch unter dem Stiele der Klappe selbst anbringen. Man kann allerdings die Löcher auch durch bloße Schieber verschließen; allein dieses erfordert eine genauere Arbeit. Am einfachsten ist der Verschuß mit dem Finger, nur muß man dann dazu eine eigene Pfeife bestimmen, da sie zu anderen Zwecken nicht mehr brauchbar wäre, und sich mit wenigen Oeffnungen begnügen.

Für die Versuche mit diesen Oeffnungen muß man eine verhältnißmäßig lange Pfeife richten, weil sonst der Ort, wo sich die Bäuche bilden, nicht gerade an dem der Theorie nach bestimmten liegt, da bekanntlich die Wellenbewegung in einer Pfeife, wo also ein schmaler Luftstrom an der Lippe die Bewegung hervorbringt, zunächst bei dieser noch nicht regelmäßig ist. Die Pfeife muß zwei Fuß mindestens messen. Man kann dann in dieselbe Pfeife vier Löcher bohren, worunter eins für den Fall, wo die Pfeife gedeckt wird, und eins für die offene Pfeife an der gehörigen Stelle, die anderen zwei aber an ungehöriger, keinem Bauche entsprechender Stelle stehen, um den Erfolg auch in diesem Falle zu zeigen. Das Decken darf aber nicht durch einen Stöpsel geschehen, sondern, damit die Länge der Röhre sich nicht ändert, durch einen darüber geschobenen Deckel aus Pappe. Die Oeffnung für die offene Pfeife kommt in die Mitte der Länge, jene für die bedeckte auf $\frac{1}{3}$ vom Boden.

Um zu zeigen, daß die Substanz der Röhre keinen Einfluß auf 147 die Tonhöhe hat, kann man sich einen Pfeifenkopf, wie Fig. 307 (a. f. S.) machen lassen und darauf unter sich gleiche Pfeifenkörper aus Holz, Zinn, geleimter Pappe, Kartenpapier u dergl. stecken; immer geben sie alle den gleichen Ton, aber nicht den gleichen Klang. Letzterer ist übrigens noch mehr verschieden, wenn man auch die Lippe an dem aufgesetzten Stücke läßt. Da aber die Holzdike bei *a* als sogenannte Ohren wirkt, so müssen auf einen zinnernen Pfeifenkörper für diesen Fall ähnliche Stücke aufgelöthet werden, da sie den Ton vertiefen. Von Wänden, welche nachgeben können, ist hier nicht die Rede. Um den Einfluß der in die Pfeife strömenden Gasart auf die Tonhöhe zu zeigen,

hat man gar bequeme Gelegenheit, wenn Feuchtgas in das Vocal geleitet ist. Man braucht da nur eine Pfeife durch Kautschukröhren mit einer Gasöffnung

Fig. 307.



zu verbinden, um sogleich einen gleichförmigen und um etwa eine Secunde höheren Ton zu erhalten. Der Versuch gelingt bei engen Pfeifen noch bei einem Gasdrucke von nur 1 Centimeter Wasser.

Um den Versuch von Savart anzustellen, wo eine Röhre durch einen vorgehaltenen tönenden Körper zum Mittönen gebracht wird, nimmt man am besten als tönenden Körper eine sogenannte Käseglocke von Glas, die mit dem Geigenbogen angestrichen einen etwas tiefen Ton giebt, und macht sich zwei in einander verschiebbare Röhren aus Pappe von 3 bis 4 Zoll Durchmesser, deren weitere mit einem Boden versehen ist. Die engere Röhre, welche in die weitere verschoben wird, kann man äußerlich

mit einer Scale versehen, an der man sogleich die Pfeifenlänge ablesen kann. Es ist am besten, wenn man den Ton der Glocke zuerst auf dem Klaviere sucht, und dann hieraus die entsprechende Pfeifenlänge berechnet, indem man die Schwingungszahl des a zu 440 annimmt und mit der gefundenen Schwingungszahl in die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles dividirt, um die Wellenlänge zu erhalten, deren vierter Theil dann der gedeckten Pfeifenlänge entspricht. Man erhält so wenigstens die erste Annäherung für die Länge der Röhre, die genaue Stellung muß erst durch Versuche ermittelt werden, da dieselbe zugleich von der Weite abhängig ist. Es ist gut, wenn der Ton der Glocke in die sogenannte kleine Octave fällt; denn bei hohen Tönen ist der Erfolg sehr zweifelhaft. Für solche Versuche sind aber Glocken mit einem kurzen Halse, die man mit einem Kork verschließt, viel besser als solche mit einem Knopfe. Mit einer Stimmgabel resonirt mehr oder weniger jedes beliebige nicht zu enge Gefäß; freilich am stärksten auffallend ein solches, das nahezu 7 Pariser Zoll mißt und dabei 2 bis 4 Zoll weit ist. Bei tieferen Tönen ist aber der Erfolg bei Weitem überraschender. Hat man die Länge der Röhren gerichtet, so stellt man diese gerade auf den Tisch, faßt die Glocke beim Knopfe und streicht sie mit dem Bogen so an, daß sie wieder ihren tiefsten Ton giebt, was man oft längere Zeit vergeblich versucht; hat man ihn aber gefunden, so läßt er sich leicht wiederholen. Die Wand der tönenden Glocke wird dann dicht über die Oeffnung der Röhre gehalten.

Man kann auch über einer Klangfigurenscheibe das Mittönen einer Röhre zeigen, wenn man ein etwa 4 Centimeter weites Lampenkamin über die Mitte einer Figurenfläche hält; die Länge der Röhre kann durch einen darauf gesteckten Meßstift aus Pappe adjustirt werden. Ueber den Linien der Figur findet kein Mittönen statt, oder doch nur ein sehr schwaches.

man
doppe

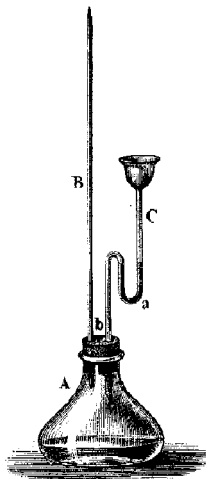
in der
Röhr
Wenn
feile
Minn
Knal
Epib
eine
fann.
rklle

bilden
Glas
Röhr
stehen
Mit
werd
entsp

Die chemische Harmonika. Zu diesem Versuche verwendet 148

man am besten ein Gefäß mit weitem Boden, wie *A* Fig. 308, in welches ein doppelt durchbohrter, etwas langer Korkstöpsel gut paßt, damit man ihn fest

Fig. 308.



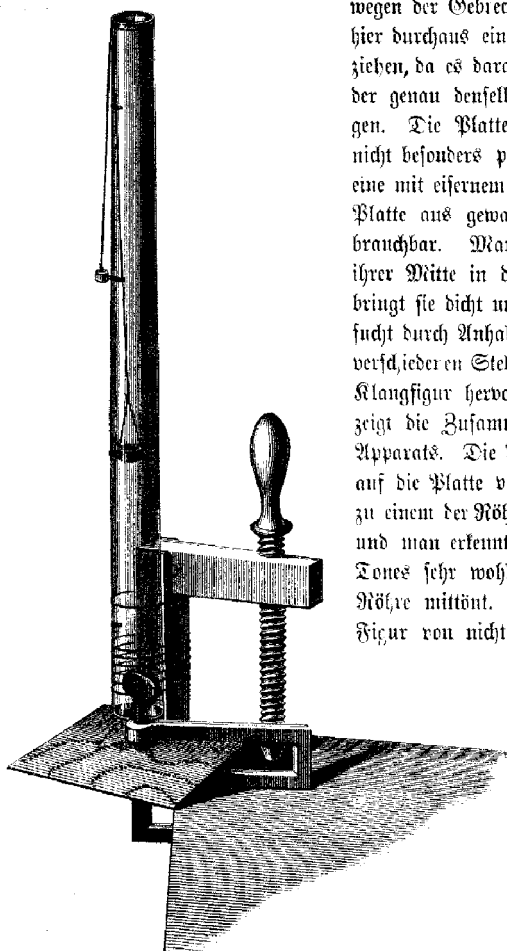
einstecken kann. In diesen Stöpsel sind zwei Glasröhren *B*, *C* gesteckt; doch ist es besser, wenn sie ohne Kitt gut schließen. Um letzteres besser zu erreichen, macht man ihr unteres Ende an der Lampe etwas konisch, wodurch es zugleich die Schärfe verliert und beim Durchstecken den Kork nicht mehr angreift. Die Röhre *B* wird in eine Spitze ausgezogen, so daß sie nur noch eine Oeffnung von $\frac{1}{2}$ bis 1 Millimeter Durchmesser hat; *C* aber wird, wie die Figur zeigt, doppelt gebogen, hat eine innere Weite von etwa 1 Linie und dient als Sicherheitsröhre. Der Trichter an ihr ist zwar nicht nöthig, aber sehr bequem; er verhindert, daß die bei *a* befindliche Sperrflüssigkeit durch den Ueberdruck des in *A* entwickelten Gases hinausgeworfen wird, und dient zugleich dazu, um, ohne den Pfropf zu lüften, noch mehr Schwefelsäure nachgießen zu können, wenn die Gasentwicklung zu langsam gehen sollte, weil dann der Druck

in der Röhre *C* den Heber *ab* zum Fließen bringt. Ist kein Trichter an der Röhre, so muß man den Pfropf herausnehmen, um Schwefelsäure nachzufüllen. Wenn die Gasentwicklung schon recht im Gange ist (am einfachsten aus Eisenfeile und auf $\frac{1}{4}$ verdünnter Schwefelsäure), läßt man das Gefäß noch 10 Minuten lang stehen, damit die atmosphärische Luft entfernt wird und sich kein Knallgas in der Flasche befindet, wenn man das ausströmende Gas an der Spitze von *B* anzündet. Auch dann noch muß der Apparat beim Anzünden an eine Stelle gebracht werden, wo das Berspringen Niemand gefährlich werden kann. Gut ist es, die Röhre *B* unterhalb schief abzuschneiden, damit das zurücklaufende Wasser besser abtropfe.

Das hervorstömende Gas muß eine mindestens 2 Zoll lange Flamme bilden; dann erst hält man eine $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll weite, 2 bis 4 Fuß lange Glasröhre über die Röhre *B* und sucht durch Heben und Senken der weiten Röhre die Stelle, wo der kräftige, aber nichts weniger als angenehme Ton entstehen kann, d. h. wo der Rest der Röhre die entsprechende Pfeifenlänge bildet. Mit Leuchtgas und mit engeren Röhren kann der Versuch ebenfalls gemacht werden und oft gelingt es, die Röhre zum Tönen zu bringen, wenn man den ihr entsprechenden Ton in der Nähe kräftig hervorruft — sie z. B. ansingt.

- 149 **Der Versuch von Hopkins zur Nachweisung der Schwingungsknoten.** Die Röhre, welche zur sogenannten chemischen Harmonika diente, kann auch hierzu verwendet werden. Ein besonderes Gestell ist nicht nothwendig; man bindet dieselbe in entsprechender Höhe an den senkrechten Theil einer Schraubzwinge, deren man ja doch einige zu verschiedenartigen Befestigungen bedarf, und schraubt sie an den Tisch. Als vibrirende

Fig. 309.

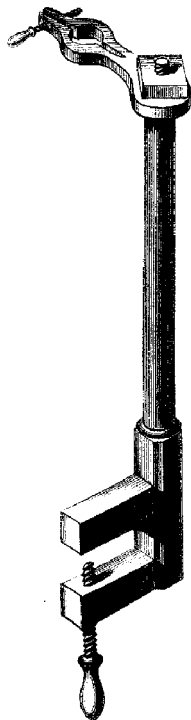


Platte wäre freilich Glas sehr gut; allein wegen der Gebrechlichkeit des Glases ist hier durchaus eine Messingplatte vorzuziehen, da es darauf ankommt, stets wieder genau denselben Ton hervorzubringen. Die Platte braucht jedoch hierzu nicht besonders präparirt zu sein, selbst eine mit eisernem Hammer eben gerichtete Platte aus gewalztem Messingblech ist brauchbar. Man schraubt dieselbe in ihrer Mitte in den Halter, Fig. 301, bringt sie dicht unter die Röhre und versucht durch Anhalten und Anstreichen an verschiedenen Stellen eine etwas einfache Klangfigur hervorzubringen. Fig. 309 zeigt die Zusammenstellung des ganzen Apparats. Die Rückwirkung der Röhre auf die Platte veranlaßt diese viel eher zu einem der Röhre entsprechenden Tone, und man erkennt es an der Stärke des Tones sehr wohl, daß die Luft in der Röhre miltönt. Hat man eine solche Figur von nicht zu hohem Tone gefunden, so daß nämlich eine dem Rande entsprechende Abtheilung der Klangfigur auch noch nahezu die Größe der Röhrenöffnung hat, so bezeichnet man die Stelle zum Anhalten und Streichen auf der Platte selbst, weil wegen der un-

gleich
Stell
stand
figur
abgeb
chens
Reif
bespa
Reiß
darü
Ansp
ausfi
zufan

gleichen Elasticität wohl nur selten andere ebenso gegen die Ränder liegende Stellen dafür genommen werden können. Die Röhre wird dann in einem Abstände von $\frac{1}{2}$ bis 1 Linie mitten über einen möglichst großen Theil der Klangfigur gerichtet, am besten über einen am Rande liegenden. Statt des sonst abgebildeten Rähmchens, auf welchem eine feine Membran mittelst eines Fölzchens gespannt werden soll, nimmt man besser einen etwa 1 bis 2 Linien breiten Reif von Metall, dessen Durchmesser halb so groß ist als jener der Röhre, und bespannt ihn mit recht feinem Papier, so wie man beim Aufspannen auf das Reißbrett verfährt. Es hat dieses den Vortheil, daß der Sand nicht immer darüber heruntergleitet, wie bei dem viereckigen Rähmchen, und ein verschiedenes Anspannen des Papiers, je nach der Tonhöhe, ist ganz unnöthig, wenn es auch ausführbar wäre. Dieses Rähmchen hängt man an drei Fäden, die in einen zusammenlaufen, auf, und läßt diesen über den oberen, mit Papier überleimten

Fig. 310.



Rand der Röhre gehen, so daß man durch ein äußeres Gegengewicht das Rähmchen an jeder Stelle der Röhre erhalten kann und die Hände frei bekommt. Wollte man der allerdings größeren Bequemlichkeit zu Liebe und um den Apparat jederzeit zum sofortigen Gebrauche bereit zu haben, einen besonderen Halter für die Glasröhre machen lassen, so zeigt Fig. 310 einen solchen, der einfach und bequem ist; er besteht ganz aus Holz und die Figur bedarf wohl keiner weiteren Erläuterung.

Man sucht nun jene Stellen der Röhre, an welchen der in das Rähmchen gebrachte Streufand sich am wenigsten bewegt, wenn die darunter befindliche Platte angestrichen wird. Hat man zwei derselben annäherungsweise gefunden, so wird man aus ihrer ungefähren Entfernung und der Länge der Röhre leicht ihre wahre Entfernung ableiten, nämlich die Entfernung der Knotenpunkte ein aliquoter Theil der Röhrenlänge sein muß, wobei der oberste und unterste Knoten um die Hälfte der Entfernung eines Knotens vom anderen vom Ende der Röhre abstehen. Diese Stellen bezeichnet man durch Kreide und sobald man sich durch den Versuch über die Richtigkeit vergewissert hat, durch schmale auf-

geleimte Papierstreifen *), um beim Unterrichte schnell den Unterschied in der Bewegung des Sandes zeigen zu können, je nachdem das Röhmchen sich an einem Knoten oder an einem Bauche befindet. Um dasselbe nun für gedechte Pfeifen nachzuweisen, macht man eine einerseits verschlossene Röhre von Pappe so lang im Pichten, als die Entfernung der Knoten beträgt, und so weit, daß man sie gerade auf die Röhre stecken kann. Sie wird in der Mitte des Bodens mit einem kleinen Loche versehen, durch welches man den Faden des Röhmchens zieht. Steckt man nun diese Pappröhre so auf das Glas, daß ihr unterer Rand bis zum ersten Knoten reicht, so ist das Ganze um eine halbe Knotendistanz länger und das Röhmchen zeigt beim Anstreichen der Scheibe noch die Knoten an denselben Stellen; die Bewegung des Sandes ist sogar jetzt an den Bäuchen lebhafter als vorher. Steckt man aber die Pappröhre mehr oder weniger tief auf das Glas, so wird der Ton schwächer und der Sand zeigt beinahe keine Bewegung.

Daß man aus der Knotendistanz die Pfeifenlänge erhält, dann daraus, indem man a zu 440 Schwingungen nimmt, die ungefähre Tonhöhe herleiten und diese wieder an einem Klaviere oder am Monochorde vergleichen kann, eignet sich zwar nicht für den Unterricht, ist aber immerhin eine gute Uebung für den, der diese Dinge genauer studiren muß. Ebenso kann man für sich dieselben Versuche mit verschiedenen Tönen der Platte durchmachen, um die erforderliche Uebung und Sicherheit zu erlangen.

Einen Orgelpfeifenkopf unten an der Glasröhre anzubringen anstatt der tönenden Scheibe ist nicht empfehlenswerth, weil es schwer hält mehr als die Octave des Grundtones herauszubringen.

150 Die Sirene. Wenn man eine Sirene mit Zähler hat, so kann man sie mit dem Blasebalge, den man für das Glasblasen doch wohl gewöhnlich besitzt, in Verbindung bringen, indem man statt des messingenen Blaserohres ein gebogenes Glasrohr einsetzt und dieses durch Kautschuk mit der Röhre der Sirene verbindet. Als Zeitmesser dient dann eines der früher beschriebenen Secundenpendel. Durch Veränderung des Gewichtes auf dem Blasebalge kann man die Sirene auf einen beliebigen Ton bringen und nach Belieben darauf erhalten. Bei der Anschaffung ist zu bemerken, daß die eigentliche Sirene zwei über einander laufende Scheiben hat, wobei der Ton durch die vereinte Wirkung vieler Oeffnungen hervorgebracht wird und wodurch auch tiefere Töne klar werden. Wenn nur ein Rohr gegen die Oeffnungen eines Rades bläst, so werden tiefere Töne zu schwach und von dem unvermeidlichen Rischen verdeckt.

*) Beiläufig sei hier bemerkt, daß es sehr bequem ist, immer einerseits mit gutem Feime stark bestrichenen weißes Papier vorrätzig zu haben, von dem man nur das erforderliche Stückchen herunterschneidet und mit Speichel benetzt, um es irgendwo, wie etwa als Aufschrift an ein Glas u. dergl., sehr haltbar zu befestigen.

Hohe
Versuch
verwend
man so
Um ein
leitung

und m
eine Pl
die Wi
beim S
wäre f
der Si
Zählwe
Druck
Stöhr
reiche f
die alle
schaffen
können

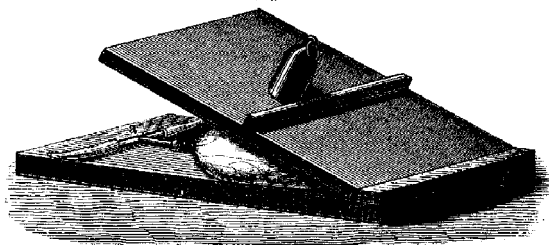
Ma
maschin
Fig. 31

Fig.
b
a

eines g
und dr
Wenige

Hohe Töne giebt jede Sirene mit der erforderlichen Bestimmtheit. Bei den Versuchen mit der Sirene muß man entweder einen etwas großen Blasbalg verwenden oder auf andere Weise die Stöße des Schöpfers vermindern, weil man sonst keine so constanten Töne erhält, daß man Messungen machen kann. Am einfachsten nimmt man eine Kinderblase, welche man an ein in die Windleitung eingeschaltetes Rohr mit rechtwinkligem Aufsatz, wie Fig. 311, anbindet

Fig. 311.



und mittelst eines Brettchens durch Gewicht beschwert. Auch dadurch, daß man eine Flasche einschaltet, wird der Wind gleicher, siehe unten S. 155. Da jedoch die Windstärke auch von dem Zuge der Blasbalgfalten abhängt, so muß man beim Schöpfen darauf sehen, den Balg immer gleich voll zu halten. Besser wäre freilich Wind aus einem anderen Gebläse. Sehr oft sind die Scheiben der Sirenen auch zu leicht und darum für die Stöße und das Einrücken des Zählwerks empfindlicher; macht man dieselben aber schwerer, so ist der geringe Druck nicht im Stande, höhere Töne hervorzubringen. Der Verfasser hat bei Stöhrer in Dresden eine Sirene machen lassen, welche statt der Löcher zahlreiche feine Schlitz und eine schwerere Scheibe hat, sie giebt ohne Zischen selbst die allertiefsten Töne und ist für die Stöße sehr unempfindlich, sowie für das Einschalten des Zählwerkes. Die Einzelheiten der Construction einer solchen Sirene können hier füglich übergangen werden, da man dieselbe vom Mechanikus kaufen muß.

Anstatt einer eigentlichen Sirene kann man sich aber auch der Centrifugalmaschine bedienen. Man schraubt auf die Axe derselben ein Stück Holz *aa*, Fig. 312, welches selbst auf seiner oberen Fläche eine hölzerne Schraube trägt,

Fig. 312.

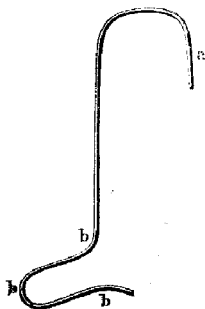


über die man in der Mitte durchlöcherne Pappscheiben streifen und durch die hölzerne Mutter *bb* befestigen kann. Diese Pappscheiben müssen sehr eben sein und erhalten in geringer Entfernung vom Umkreise gleichförmig darauf vertheilte runde Löcher von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Linien Durchmesser mittelst

eines gewöhnlichen Durchschlages; man kann auf derselben Scheibe eine zweite und dritte Reihe einschlagen, immer aber müssen die Zwischenräume nur um Weniges größer sein als die Löcher.

Man biegt sodann einen starken Draht, wie Fig. 313, steckt ihn mittelst der Klammer *bbb* an das Grundbrett der Schwingmaschine so, daß das Ende *a* über der Löcherreihe einer Pappscheibe steht, und bindet nun an *a* das Blaserohr, welches so nahe als möglich an die Scheibe reichen muß, sie aber

Fig. 313.

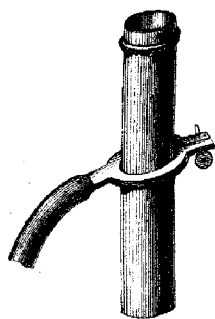


nicht berühren darf. Das Blaserohr selbst kann aus einer weiteren Blechröhre bestehen, in deren Boden ein Loch von etwa $\frac{1}{2}$ Linie Durchmesser gebohrt wird, oder aus einer ausgezogenen Glasröhre. In beiden Fällen wird eine zweite Röhre von Glas mittelst eines Zwischenstückes aus Kautschuk mit dem Blaserohr verbunden, um letztere bequemer in den Mund nehmen zu können. Da es hier auf die Windstärke nicht ankommt, so bläst man gewöhnlich mit dem Munde, während man das Schwungrad der Maschine immer schneller dreht, bis man die gewünschte Tonhöhe erreicht hat. Ist nun das Schwungrad schwer, so kann man sehr leicht so lange den Ton auf gleicher

Höhe erhalten, bis man mittelst des Secundenpendels gefunden hat, wie viel Umdrehungen das Schwungrad in einer bestimmten Zahl von Secunden macht. Aus dem Verhältnisse des Schwungrades zur Rolle und aus der Löcherzahl der Scheibe läßt sich dann leicht die Schwingungszahl berechnen. Rathsam dürfte es immer sein, eine andere Person blasen zu lassen, um seine Aufmerksamkeit ungetheilt dem Zählen zuwenden zu können.

Wenn das Schwungrad der Maschine nicht schwer ist, so gelingt es nicht, tiefe Töne constant zu erhalten, weil man dann nie im Stande ist, eine gleichförmige Drehung zu bewirken; mit hohen Tönen geht es aber auch bei einem leichteren Schwungrade.

Fig. 314.



Will man etwas mehr Arbeit auf den Apparat verwenden, so kann man dem oberen Theil des gebogenen Drahtes von Fig. 313 die Gestalt wie Fig. 314 geben, wodurch der Apparat bequemer wird; auch könnte in dem Bogen *bbb*, Fig. 313, von unten eine Stellschraube angebracht werden.

Sehr leicht kann man auch ein etwas größeres Steigrad aus einer alten Uhr so an ein Stückchen Holz befestigen, daß es mit diesem concentrisch auf die Ase der Schwingmaschine gesteckt werden kann. Andere Räder sind hierzu weniger zweckmäßig, wenn gleich ebenfalls brauchbar. Man erregt dann die Schwingungen durch ein Streifen Kartenpapier, das

man so
der S

I
Rahm
boden

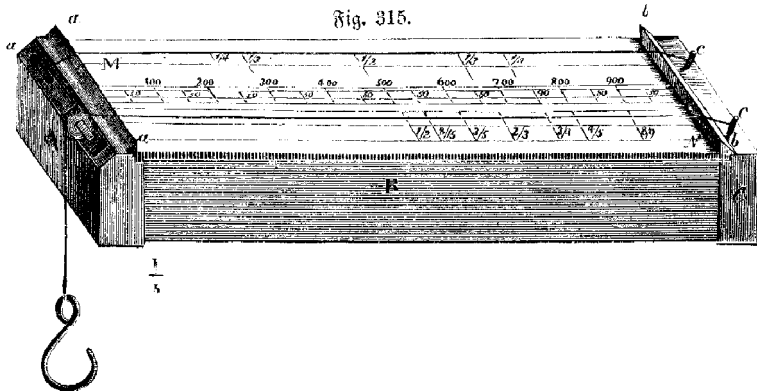


Stege
gegen
mit w
geschla
andere
wichte
so daß
den S
setzen,
veränd
Stück

man so gegen die Zähne des Rades hält, daß es beinahe mit der schiefen Fläche der Steigradzähne parallel wird.

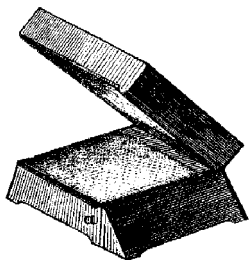
Das Monochord. Das Monochord besteht aus einem viereckigen Rahmen *ABC*, Fig. 315, aus starkem, hartem Holze, auf welchen ein Resonanzboden *MN* aus astfreiem, geradfaserigem Tannenholze gelcimt wird. Zwei

Fig. 315.



Stege *aa*, *bb* sind zum Theile noch auf den Resonanzboden gesetzt und ihre gegen diesen getehrte Seite steht senkrecht auf ihm. Der Resonanzboden wird mit weißem Papier beleimt. Zwei Stahlfaiten werden einerseits an schief eingeschlagene Stifte *cc* gehängt, und die eine davon durch einen Nagel *d*, die andere mittelst einer leichtbeweglichen Rolle und eines starken Hakens durch Gewichte über die beiden Stege gespannt. Der Resonanzboden muß sehr eben sein, so daß die Saiten überall genau gleich weit von demselben abstehen. Um von den Saiten beliebige Stücke schwingen zu lassen, muß man einen Steg unterlegen, der gerade die Höhe der Saiten hat, so daß ihre Spannung dadurch nicht verändert und die Saite doch gehalten wird. Einfach läßt sich dieses durch zwei Stüchchen von sehr hartem Holze (Weißbuchenholz, Buch) erreichen, welche beide

Fig. 316.

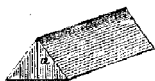


auf einer Seite eine scharfe, gerade, hervorstehende Kante erhalten und hinter dieser mit Leder gefüttert, zur Seite aber durch ein aufgeleimtes Leder gelenkig verbunden werden, Fig. 316. Das untere steht etwas weiter vor und hat auf beiden Seiten einen zur Standfläche von der scharfen Kante aus senkrecht heruntergezogenen Strich *a*, der dazu dient, die Kante des Steges genau über einen Theilstrich des Monochords zu stellen, worauf dann das obere Stück zugeklappt und

durch den Finger oder ein kleines Gewicht ausgedrückt wird. Die Saite wird dadurch, ohne daß sie leidet, was bei metallenen Klemmen leichter eintritt, gehörig festgehalten, und der Kest derselben zu schwingen verhindert; soll der Kest aber mitschwingen, so muß man einen einfachen Steg, Fig. 317, unterlegen, der dann etwas höher ist, als die Saite, ihre Spannung also ändert, was aber für diesen Fall nichts schadet, da es sich hier nur um die Darstellung der Schwingungsknoten handelt.

Für diesen Zweck ist unter der durch den Nagel gespannten Saite eine Linie gezogen und in Drittel, Viertel und etwa noch in Fünftel getheilt. Man schiebt den Steg, Fig. 317, mittelst seines Striches *a* über eine dieser Theilungen, besetzt den Kest der Saite mit den papiernen Reiterchen und setzt das abgeschnittene Stück durch den Finger oder besser durch den Geigenbogen in Schwingung.

Fig. 317.



Mit dem Monochord wird nun ferner gezeigt, daß die Schwingungszahlen umgekehrt der Saitenlänge proportional seien. Zu dem Ende ist auch unter der mit Gewicht spannbaren Saite eine Linie gezogen und in die den Tönen der Octave entsprechenden Theile getheilt, wie Fig. 315 zeigt. Die Saite wird durch Gewicht so stark gespannt, daß sie einen klaren Ton giebt, mit dem man die andere Saite durch den Nagel in Einklang setzt; man läßt dabei mit dem Finger die durch Gewicht gespannte Saite über dem Stege gegen die Rolle, da durch die Reibung auf dem Stege die Einwirkung des Gewichtes vermindert wird. Setzt man nun den Steg, Fig. 317, auf die betreffenden Theilstücke, so giebt das abgeschnittene Stück der Saite den verlangten Ton, was man an dem von der anderen Saite gegebenen Grundtone vergleichen kann.

Um zu zeigen, daß sich die Schwingungszahlen wie die Quadratwurzeln der spannenden Kräfte verhalten, wird man wegen der Länge, die ein Monochord haben muß, selten das Gewicht vierfach nehmen können, da schon zur Hervorbringung eines klaren Tones ein ziemliches Gewicht erforderlich ist; die Saite würde beim vierfachen meist reißen. Wollte man aber zu starke Saiten nehmen, so würde das Monochord leiden. Allein wenn man die Gewichte $= 4 : 9$ nimmt, wobei das Gewicht des Hakens mitzuzählen ist, so giebt die Saite die Quinte, was man wieder mit der anderen Saite vergleichen kann, wenn man diese vorher mit der durch das Gewicht 4 gespannten in Einklang setzte.

Um den Einfluß der Dicke nachzuweisen, müßte man Saiten haben, deren Dicken in einfachem Verhältnisse ständen, und sie durch gleiche Gewichte spannen. Man wird aber nur schwer solche Saiten aufreiben, bei denen dieses mit der hier erforderlichen Genauigkeit der Fall ist.

Außer den angeführten Versuchen ist aber das Monochord für den Physiker noch ein sehr wichtiges Instrument, wenn er die physikalische Theorie der Inter-

valle u
dem En
der gam
gleiche
Hauptt
die ver
durch v
daher 3
Gründe
jo mehr
D
längen
ganze
daß er
ihn in
L
Fängen
indem
eine Hö
So lang
reinste
Fig.

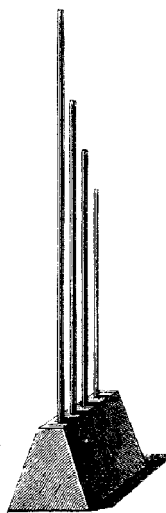


valle und manche andere Punkte der Akustik genauer durchstudiren will. Zu dem Ende ist es sehr bequem, wenn man den Resonanzboden auf seiner Mitte der ganzen Länge nach entweder unmittelbar oder durch Transversalen in 1000 gleiche Theile theilt, und unter der durch Gewicht gespannten Saite außer den Haupttönen der Octave auch alle verschiedenen Nebentöne für \sharp und b , sowie die verschiedenen Temperaturen aufträgt. Alle diese Theilungen können sich durch verschieden lange Striche und verschiedene Farben unterscheiden. Es wird daher Jedem daran liegen, der diesen Theil der Naturlehre nicht aus anderen Gründen übergehen will, sich sein Monochord möglichst bequem einzurichten; um so mehr, da keine Unkosten damit verknüpft sind.

Daß bei Saiten die Schwingungszahlen sich umgekehrt wie die Saitenlängen verhalten, kann man auch einfach dadurch zeigen, daß man durch das ganze Zimmer einen etwa 2 Millimeter dicken weichen Messingdraht so spannt, daß er noch leicht zählbare Schwingungen 2 bis 4 in der Secunde macht, dann ihn in der Mitte anhält und nur die Hälften schwingen läßt.

Longitudinalschwingungen. Am einfachsten bringt man die Längenschwingungen mit einer etwa 1 Centimeter weiten Glasröhre hervor, indem man dieselbe in der Mitte mit zwei Fingern senkrecht hält und dann die eine Hälfte mit einem nassen wollenen Lappen der Länge nach gelinde reibt. So lange die Glasröhre tönt, zeigt sich ihre nasse Oberfläche gekräuselt. Am reinsten tönt die Glasröhre nach, wenn man mit dem Lappen rasch über sie

Fig. 318.



hinaus fährt. Bringt man einen leicht beweglichen Korkpfropf in das eine Ende der Röhre, so bewegt er sich während des Tönens und rückt näher gegen die Mitte. Nimmt man hölzerne Stäbe oder metallene, so muß man entweder den wollenen Lappen mit Kolophonium bestreuen oder eine kurze Glasröhre daran fitten, die man dann mit dem nassen Lappen reibt. Durch verschieden starkes Reiben kann man verschieden hohe im Verhältniß von 1, 2, 3 u. stehende Töne hervorbringen, doch gelingt es nicht bei allen Glasröhren u. leicht. Holzstäbe geben für sich leicht Längentöne. Wenn man vier solcher Stäbe von Tannenholz, wovon der dickste auf $1\frac{1}{2}$ Meter Länge etwa 6 bis 8, der dünnste 5 bis 6 Millimeter dick ist, in ein Käßchen leimt, wie Fig. 318, so kann man durch Abschneiden der dünneren diese leicht so stimmen, daß alle zusammen einen Accord geben; gerieben werden solche Stäbe nur an der oberen Hälfte zwischen zwei Fingern, zwischen welchen man etwas Kolophonium zerbrüht. Man kann zwar auch einen wollenen Lappen und Kolophonium nehmen, die Finger geben aber reinere Töne.

153 Die Stimmgabeln. Bei den Eisenhändlern trifft man Stimmgabeln von verschiedener Güte um sehr billige Preise, allein von sehr abweichender Stimmung. Man wählt solche aus, welche auf einem Resonanzboden einen vollen Ton geben, denselben lange, ohne zu steigen, aushalten und nahezu auf \bar{a} gestimmt sind. Man bedarf deren zwei, wovon man eine nach einer anderen aus zuverlässiger Hand geliehenen auf \bar{a} abstimmt, die zweite aber dann so richtet, daß sie mit der ersten etwa 4 Stöße in der Secunde macht. Das Stimmen dieser Gabeln geschieht durch Beseilen; sind sie zu tief, so verkürzt man ihre beiden Schenkel, sind sie zu hoch, so macht man sie durch Beseilen von der inneren Seite dünner. Man muß dabei beide Schenkel möglichst gleich halten. Um die Gabel tiefer zu machen, beseilt man dieselbe auf der inneren Seite des Verbindungsbogens. Um die Zahl der Schwingungen einer solchen Gabel zu bestimmen, dazu dient die bereits beschriebene Sirene; indessen giebt es auch Mittel diese Zahl direct zu bestimmen, allein diese liegen, wie die Rissajvus'schen Versuche mit Stimmgabeln, außerhalb der für dieses Buch gesteckten Grenzen. Zum Tönen bringt man die Gabeln entweder dadurch, daß man sie am Stiele leicht hält, den einen Zinken gegen ein Holz schlägt und dann, wenn erforderlich, mit dem Stiele auf einen Tisch oder einen Resonanzboden fest aufsetzt, oder indem man sie in der Ebene beider Zinken und nahe am Ende derselben mit einem gut geharzten Geigenbogen streicht, oder auch mit einem kleinen hölzernen Hammer, dessen scharfe Wahn mit hartem Veder beleint ist, anschlägt; bei dem letzteren Verfahren erhält man den Ton der Gabel sehr rein.

154 Interferenz der Schallwellen. Will man mit der Stimmgabel die Interferenz der Wellen ihrer beiden Arme zeigen, so braucht man sie nur nach dem Anschlagen horizontal über einem Gefäß von 7 Pariser Zoll Höhe und 3 bis 4 Zoll Weite um ihre Längsaxe zu drehen; man wird deutlich während jeder Umdrehung ein viermaliges Anschwellen und Verschwinden des Tones wahrnehmen. Eine einzelne Person braucht übrigens nur die tönende Gabel vor ihrem Ohre zu drehen, um die gleiche Beobachtung machen zu können. Die Stöße, welche beide Stimmgabeln geben, wenn sie zugleich auf einen Resonanzboden — auf einen leeren Tisch — an einen Kasten — gehalten werden, sind am deutlichsten, wenn beide Gabeln in derselben Ebene schwingen. Die Beobachtung dieser Stöße ist überhaupt das Mittel, durch das man zwei Gabeln, zwei tönende Körper, am leichtesten in vollständigen Einklang setzen kann. Denn das bloße Gehör verläßt uns leicht, wenn der Einklang bereits nahezu erreicht ist, besonders wenn die beiden Körper sehr ungleichartigen Klang haben.

Um den Interferenzton hervorzubringen, den der Grundton mit seiner

Quinte
die gebe
diese S
Griffe.
gleichfö
Am bes
fehrt.
sehr un
D
macht,
301 wo



S
Klangfi
figur re

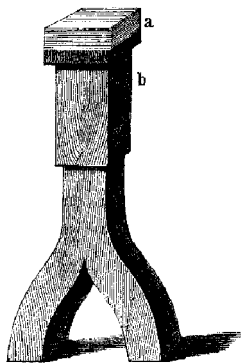


Pappe
einen so
D
gebener

Quinte giebt, nimmt man die Pfeife mit dem Stöpsel und stellt diesen so, daß die gedeckte Pfeife eine reine Quinte tiefer wird, als eine andere offene Pfeife; diese Stellung des Stöpsels zeichnet man dann für künftige Versuche auf seinem Griffe. Nimmt man nun beide Pfeifen zugleich in den Mund und bläst sie gleichförmig an, so kann man die nächst tiefere Octave sehr deutlich mithören. Am besten gelingt dieses, wenn man die Lippen beider Pfeifen gegen einander kehrt. Indessen ist das gleichförmige Ausblasen zweier Pfeifen durch den Mund sehr unbequem und dieser Versuch eignet sich daher vorzugsweise für das Gebläse.

Wenn man eine gabelförmige Röhre, wie Fig. 319, aus Holz oder Pappe macht, deren Schenkel so lang sind, daß man sie über die Schraube *b* in Fig. 301 weg einer in die ebengenannte Figur eingeschraubten Scheibe bis auf etwa

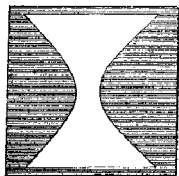
Fig. 319.



eine halbe Linie nähern kann, und über das gemeinschaftliche Ende beider Schenkel ein dünnes Papier spannt, worauf Sand gestreut wird, so bleibt dieser Sand ruhig, wenn man die Gabel über zwei Stellen der Scheibe hält, wovon die eine aufwärts, während die andere abwärts schwingt. Hält man aber die Schenkel der Röhre über zwei Stellen der Scheibe, welche zugleich aufwärts und abwärts schwingen, so wird der Sand lebhaft bewegt. Letzteres ist z. B. der Fall, wenn man die Röhre über zwei nicht aneinanderliegende Flächen der Scheibe hält, wenn diese als Klangfigur ein einfaches Kreuz giebt, während zwei aneinanderliegende Flächen die erstere Erscheinung hervorbringen.

Sehr häufig bildet dann der Sand auch auf dem dünnen Papiere eine Klangfigur, die jedoch nichts mit der anderen gemein hat. Um letztere Klangfigur rein hervorzubringen, ist die Länge der gemeinschaftlichen Röhre nicht

Fig. 320.



gleichgültig und man spannt deshalb das Papier erst auf einer zweiten über der ersten verschiebbaren Röhre *ab* auf, um die Länge nöthigenfalls ändern zu können.

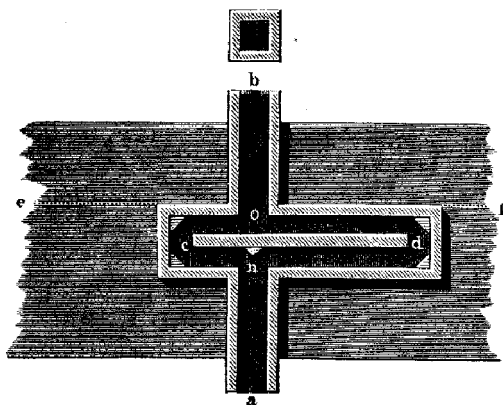
So wie bei der Stimmgabel die Interferenz der von beiden Schenkeln hervorgebrachten Wellensysteme den Ton der Gabel schwächt, so ist es auch bei einer tönenden Scheibe, man kann dieses beim Kreuz durch einen über der Scheibe angebrachten Schirm aus

Pappe verhindern. Der Ton der Scheibe wird merklich stärker. Fig. 320 zeigt einen solchen Schirm.

Noch besser zeigt die Interferenz der Schallwellen ein von Herschel angegebener Versuch, den Mörrenberg in folgender Weise angestellt hat und den

man sehr leicht überall ausführen kann. Die hierzu erforderliche Röhre, welche Fig. 321 im horizontalen Durchschnitte und in vorderer Ansicht zeigt, wird aus

Fig. 321.



Holz gemacht und in die Scheidewand eines Zimmers entweder ganz oder nach der Dicke der Wand so eingemauert, daß auf der Seite von *a* der größere Theil der Röhre frei bleibt. Der bei *a* hervorbrachte Ton theilt sich an der scharfen Kante der inneren Scheidewand und vereinigt sich wieder in dem Ende *b*, nachdem er die beiden ungleichen Arme *c* und *d* durchlaufen hat. Ist nun die Wellenlänge des Tones doppelt so groß als der Unterschied der Wege in den Schenkeln *c* *d*, so sind die beiden Wellenzüge bei ihrer Zusammenkunft in dem Ende *b* um eine halbe Wellenlänge verschoben und man wird bei *b* keinen Ton hören; der Ton tritt aber sogleich auf, wenn man durch einen genau in *b* passenden Schieber den einen oder anderen Arm schließt. Bringt man in *a* einen um eine Octave höheren Ton hervor, so unterstützen sich beide Wellenzüge und man hört den Ton stärker, wenn beide Arme *c*, *d* offen sind. Die beiden Oeffnungen *a* und *b* müssen durchaus in verschiedenen gut abgeschlossenen Zimmern sein, weil sonst die directen Schallwellen das auffallende Hervortreten der Interferenz hindern.

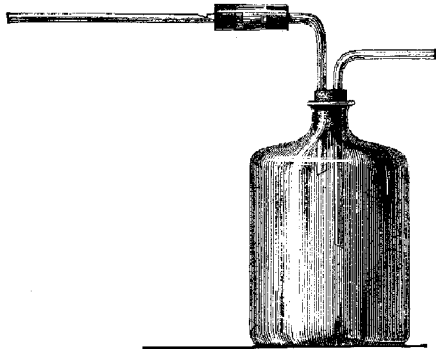
Zur Hervorbringung des Tones in *a* dient am besten eine offene Pfeife aus Zinn oder Blech, deren Länge dem Wegunterschiede in den beiden Schenkeln *c*, *d* gleich ist; sie muß verhältnißmäßig eng sein, damit man durch verstärktes Blasen leicht höhere Töne hervorbringen kann, wo es denn manchmal noch gelingt, beim Ton 3 die Interferenz wieder zu erhalten. Die Aze der Pfeife muß mit der Aze des Röhrenstücks *a* zusammenfallen und ihre Oeffnung sich gerade in der Oeffnung von *a* befinden. Man befestigt die Pfeife in dieser Lage an

irgend
man ei
Wind
langten
Wind
angebr

A und
Ma r i
einen
hat, fe
Figur
verschl
also de
die Luf
der Tr
so wed
zum ol
A
ihren
A
nicht
lieber
so lang
Pfeifen
man
erforde
gri

irgend ein Stativ und setzt sie durch Glas- und Kautschukröhren, zwischen welche man einen kleinen Hahn einschaltet, mit einem Gebläse in Verbindung; der Wind ist durch den Hahn leicht so zu reguliren, daß die Pfeife constant den verlangten Ton giebt. Wäre das Gebläse etwas windstößig, so leitet man den Wind zuerst in eine große Glasflasche, an welcher die Pfeife wie in Fig. 322 angebracht wird. Mit Hilfe einer solchen Flasche und einer langen Kautschuk-

Fig. 322.



röhre gelingt es auch, durch Blasen mit dem Munde einen sehr constanten Ton hervorzu- bringen; directes Blasen mit dem Munde ver- birbt aber durch die dabei entstehende Feuchtigkeit jede Pfeife auf längere Zeit.

Ein sehr constantes Gebläse erhält man, nach Rörreberg, aus zwei Korbflaschen

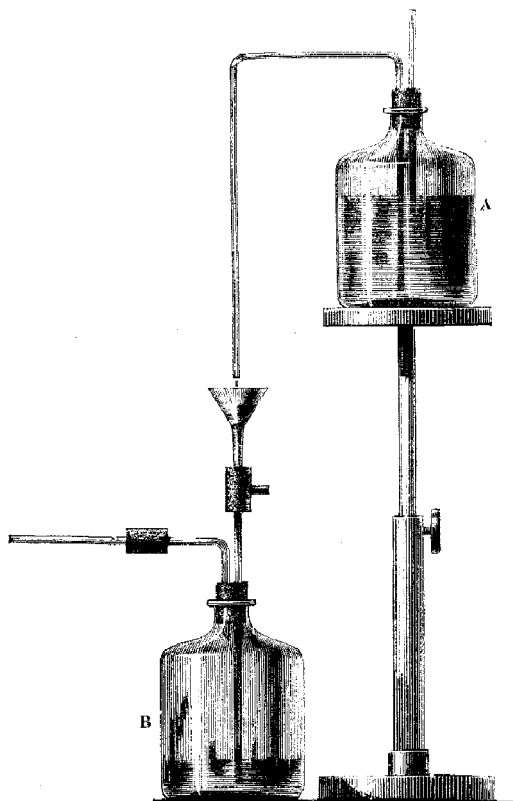
A und B, Fig. 323 (a. f. S.), wovon man die obere A mit einem Heber als Mariotte'sches Gefäß einrichtet, während die untere B außer der Pfeife noch einen Trichter mit Hahn erhält; wenn man keinen Trichter mit weitem Hahn hat, kann man aus einem guten Kork einen solchen zusammensetzen, wie die Figur zeigt, wo der kleine Kork die Längsöffnung des großen mehr oder weniger verschließen kann. Durch den Hahn regulirt man die einfließende Wassermenge, also den Druck der Luft so, daß die Pfeife den verlangten Ton giebt, und durch die Luftröhre am Mariotte'schen Gefäß sorgt man für so viel Zufluß, daß der Trichter stets gleich voll erhalten wird. Ist das obere Gefäß ausgelaufen, so wechselt man die Kork mit ihren Einsätzen und macht das untere Gefäß zum oberen, was bald geschehen ist.

Man könnte auch eine gedeckte Pfeife von doppelter Länge anwenden und ihren Aufschnitt vor die Oeffnung richten.

Man darf bei der Anfertigung solcher enger Pfeifen die Geduld übrigens nicht verlieren, da sie nicht gern den Grundton geben; man macht sie darum lieber aus Glas, weil man dann den aus Kork oder Holz verfertigten Zapfen so lange ändern kann, bis es gelingt. Den Einschnitt macht man in gläsernen Pfeifen mittelst der Feile unter Befeuchtung mit Terpentinöl, und ebenso feilt man die Röhre an der betreffenden Stelle vorsichtig ab, damit man genau die erforderliche Länge erhalte.

156 Die Mittheilung der Schallschwingungen kann man schon dadurch zeigen, daß man gegen ein geöffnetes Klavier einen bestimmten

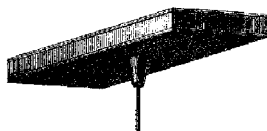
Fig. 323.



Ton singt oder mittelst einer Pfeife bläst, wo dann die gleichgestimmten Saiten mitschwingen. Noch besser wird aber der Versuch, wenn man durch eine kleine

Fig. 324.

Fig. 325.

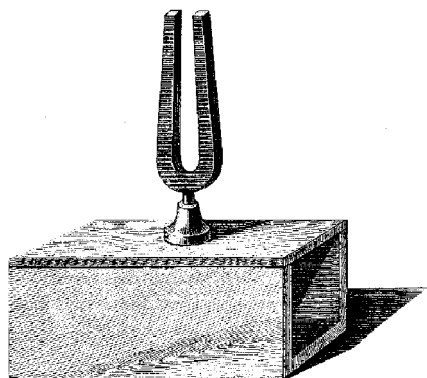


Defining in einem Zimmer einen etwa 2 bis 3 Millimeter dicken Eisendraht in ein anderes entferntes Zimmer führt und von den abgerundeten Enden das eine auf den Steg des Klaviers, das andere auf den Resonanzboden des Monochords setzt. Wird das Klavier gespielt, so hört man das ganze Stück je nach der Gitter des zweiten Resonanzbodens in diesem mehr oder weniger deutlich, wenn auch mit etwas verändertem Klange.

Ein Klavier ist für diese Versuche nicht immer bei der Hand, ich habe statt dessen an das eine Ende eines hartgezogenen Eisendrahtes eine kleine Spielboxe befestigt, indem ich ein Stück wie Fig. 324 an den Draht löthete und an das andere Ende einen kleinen Resonanzboden wie Fig. 325 befestigte.

Zu gleichem Zwecke dienen auch zwei einerseits verschlossene, mit Resonanzboden versehene Röhren, wie Fig. 326, auf welchen etwas große Stimm-

Fig. 326.



gabeln befestigt sind, die genau einerlei Ton geben. Streicht man die eine Gabel mit einem Geigenbogen an, so fängt die andere, wenn sie auch ziemlich entfernt ist, ebenfalls zu tönen an, was man deutlich hört, wenn man die erstere durch Berührung zum Schweigen bringt. Am wirksamsten sind zwei solche Kästchen dann, wenn sie auf einer dicken Lage von Fließpapier einander gerade gegenüber gestellt werden und die Entfernung der beiden ver-

schlossenen Enden eine halbe Wellenlänge beträgt; zwischen den Kästchen muß eine Lücke bleiben, jedes also um etwas kürzer als $\frac{1}{4}$ Wellenlänge sein, etwa $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll. Die Gabeln müssen sehr fest auf den hölzernen Zapfen geschraubt sein, dieser aber wird mit dem Resonanzboden verleimt. Der Boden am Ende der Kästchen wird am besten beweglich gemacht und besteht dann aus einem belederten, etwa 1 bis 2 Centimeter dicken Spunt, dessen beste Stellung sich durch Versuche leicht finden läßt. Die Kästchen müssen hierfür freilich mehr als $\frac{1}{4}$ Wellenlänge lang sein. Ein paar solcher Kästchen dienen auch vortrefflich, um die Stöße zweier Stimmgabeln zu zeigen, wenn man den Ton der einen durch aufgeklebtes Wachs etwas tiefer macht.

Die Stimmorgane. Für die Erläuterung, wie das menschliche Stimmorgan im Allgemeinen wirke, dienen am einfachsten die menschlichen Lip-

pen; gerade so, wie diese durch verschiedene Spannung beim Hindurchtreiben der Luft, z. B. an einem Trompeten-Mundstücke, verschiedene Töne geben, so findet dieses an den sogenannten Stimmbändern statt. Will man aber durchaus gleichfalls eine dünne Membran anwenden, so binde man auf eine Glasröhre,

Fig. 327.

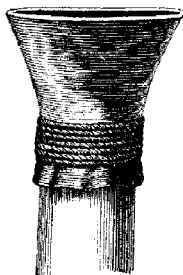


Fig. 328.

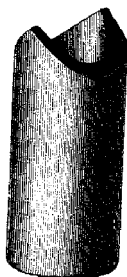


Fig. 327, eine Röhre aus dünnem Kautschuk, ziehe dieselbe an ihrem Ende mit beiden Händen breit, so daß sie nur noch eine Spalte bildet, und blase hinein; je nachdem man die Spannung ändert, kann man verschiedene Töne erhalten. Anstatt dieser Vorrichtung kann man nach Helmholtz eine Röhre wie in Fig. 328 zweimal schief abschneiden, so daß die Schnitte etwa rechtwinklig gegen

einander gerichtet sind und über jeden Schnitt einen dünnen Streifen von vulkanisirtem Kautschuk spannen und an der Röhre festbinden.

- 158 Für die Erläuterung des **Gehörorgans** ist außer der Anschaffung eines aus Papiermasse gefertigten Modells, deren man von Paris sehr schöne erhalten kann, nichts Weiteres zu thun, als daß man sich gelegentlich die Gehörndschelchen aus einem gekochten Kalbskopfe herausnimmt, um sie vorzeigen zu können; Wachspräparate anzuschaffen, um die Structur des Gehörorgans genauer zu erläutern, ist wohl zu kostspielig und für physikalische Zwecke auch nicht nöthig.

Viertes Capitel.

Versuche über das Licht.

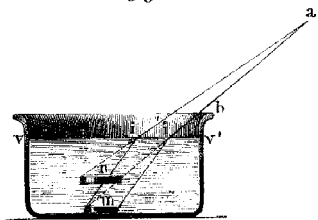
A. Versuche über Fortpflanzung und Stärke des Lichtes.

Die allgemeinen Erörterungen über die Natur und die Verbreitung des Lichtes bedürfen in der Regel keiner besonderen Darstellung durch Versuche. Nur wenige einzelne vorläufige Erläuterungen der Begriffe: Zurückwerfung, Brechung, Durchsichtigkeit u. s. w. werden durch Beispiele verdeutlicht.

Die Zurückwerfung zeigt man am besten in einem dunkeln Zimmer mit einem beliebigen Stücke eines ebenen Spiegels, da man hier den Weg der Lichtstrahlen an den in der Luft schwebenden erleuchteten Staubeitheilen erkennen kann.

Die Brechung weist man an dem Beispiele des Uebergangs aus Wasser in Luft nach, indem man auf den Boden eines Gefäßes vv' , Fig. 329, mit undurchsichtigen Wänden eine Silbermünze so legt, daß sie dem Auge in a gerade noch durch die Wand v' verdeckt wird,

Fig. 329.



und nun Wasser in das Gefäß gießen läßt, worauf die Münze dem unverrückt in a gebliebenen Auge wieder sichtbar wird.

Die Durchsichtigkeit der Körper in dünnen Lamellen wird am einfachsten am Golde erläutert. Man läßt hiefür ein etwa 1 bis 2 Quadratzoll großes Stück Spiegelglas vom Buchbinder mit dem dünnsten Golde belegen und deckt das Gold durch ein zweites gleich großes Spiegelglas. Beide Gläser werden mittelst eines Streifchens Papier zusammengeleimt. Will man das Gold selbst auftragen — Blattgold hat man doch auch zu anderen Zwecken nöthig —, so legt man nur das behauchte Glas darauf und schneidet das übrige Gold mit einem scharfen, auf Leder wohl gereinigten Messer mehr drückend als ziehend ab.

Das Gesetz der Abnahme des Lichtes mit der Entfernung bedarf keiner Nachweisung durch Versuche und läßt sich auch kaum annähernd dadurch nach-

Fig. 330.



weisen, daß man die Helligkeit von vier gleichen, nahe zusammengehaltenen Kerzen in der Entfernung 2 mit der Helligkeit einer gleichen Kerze in der Entfernung 1 vergleicht, wozu das Photometer dient.

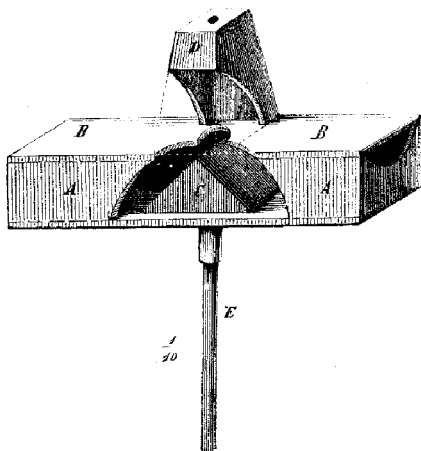
Man muß aber hierbei noch die Vorsicht gebrauchen, die fünf erforderlichen Kerzen aus demselben Pack Wachs- oder Stearinkerzen zu nehmen und vier derselben in gerader Linie mit dem Photometer etwa auf einem Stativ, wie Fig. 330, so aufzustellen, daß von der Mitte der vier Kerzen aus gemessen wird.

160

Das Photometer.

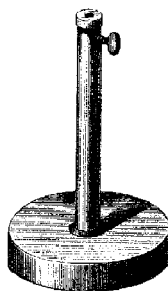
Unter den verschiedenen Mitteln, die Stärke zweier Lichtquellen zu vergleichen, sind die zugänglichsten das Photometer von Ritchie und die Vergleichung der Tiefe des Schattens. Das Photometer von Ritchie besteht in einem länglichen, geschwärzten Kästchen *AB*, Fig. 331, dessen beide Enden halbkreisförmige

Fig. 331.



öffnungen haben, durch welche das Licht auf das genau in der Mitte befindliche rechtwinklige hölzerne, mit weißem Papier bezogene Prisma *C* fällt

Fig. 332.

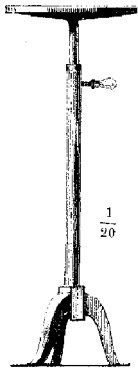


und dasselbe von beiden Seiten beleuchtet. In der Seite *BB* ist eine kreisrunde Öffnung von etwa $\frac{2}{3}$ der Breite dieser Seite so angebracht, daß die rechtwinklige Kante des Prismas *C* als Durchmesser der Öffnung erscheint, und über der Öff-

nung befindet sich eine kurze vierkantige oder runde, innen ebenfalls geschwärmzte Röhre *D* zur Abhaltung von fremdem Licht; sie hat oben eine kleinere Oeffnung für das Auge. Der Apparat kann mittelst des Stieles *E* in eine der Klüsen *p* des beim Concavspiegel beschriebenen Balkens, oder auch in das kleine Stativ Fig. 332 gesteckt werden. Solcher Stativ bedarf man ohnehin einiger, sowie man auch einige größere, auf drei Füßen stehende, in welchen sich ein kleines Tischchen befestigen läßt, Fig. 333, zu mancherlei Versuchen nöthig hat.

Soll die Stärke zweier Lichtquellen verglichen werden, so bringt man sie und das Photometer auf gleiche Höhe, entfernt sie sodann auf

Fig. 333.



20 bis 30 Fuß von einander und stellt das Photometer in die gerade Linie zwischen beiden. Man beobachtet nun durch die Oeffnung der Röhre *D* die Beleuchtung der beiden Seiten des Prisma *C* und rückt das Photometer so lange, bis die Beleuchtung beider gleich stark ist. Man muß sich dabei hüten, nach den beiden Lichtquellen zu sehen, wenigstens verzögert dieses die Arbeit, indem das Auge wieder einiger Nähe bedarf, um die gehörige Empfindlichkeit für schwache Lichtdifferenzen zu erlangen. Beobachtet man aber diese Vorsicht, so wird man die richtige Stellung des Photometers bei den angeführten Entfernungen bis auf 4 bis 5 Zoll genau auszumitteln vermögen. Am schwierigsten ist dieses und am unsichersten, wenn die beiden Lichter nicht einerlei Farbe haben, wenn z. B. das Licht einer mit recht

weißer Flamme brennenden Lampe mit dem einer Wachskerze verglichen werden soll, welches immer gelblich ist.

Wenn man mehrere Lichtquellen zu vergleichen hat, so wird die Arbeit dadurch sehr gefördert, daß man eine gut brennende, stets gleiches Licht gebende Lampe in unveränderter Entfernung als Vergleichungspunkt nimmt, und durch einen Gehülfen die Stellung der anderen Lichter ändern läßt, bis die Beleuchtung beiderseits am Prisma gleich ist. Hierzu ist eine Uhrlampe besonders geeignet, oder eine der jetzt allgemein üblichen Moderatorlampen; erst in Ermangelung einer solchen nimmt man eine gewöhnliche Lampe mit doppeltem Luftzuge.

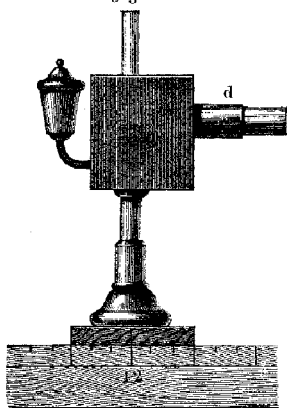
Will man die Stärke zweier Lichtquellen dadurch vergleichen, daß man sie so lange verrückt, bis der Schatten desselben Körpers für beide Lichter derselbe ist, so bedarf man allerdings keines besonderen Apparates, denn ein etwa halbzoll dickes Stäbchen und eine weiße Wand hat man überall; allein man erreicht nicht denselben Grad von Genauigkeit, da das Auge gerade durch die von beiden Lichtern erhellte weiße Wand für geringere Unterschiede weniger empfindlich wird, und erst eine größere Aenderung der Stellung eines Lichtes von dem

Beobachter bemerkt werden kann. Man muß sich bei ähnlichen Versuchen stets auch darüber versichern, in wie weit man überhaupt Genauigkeit erreichen kann. Es geschieht hier sehr einfach dadurch, daß ein Anderer mitunter das Licht verrückt, ohne daß der Beobachter es weiß.

Auch bei diesem Photometer, dem Rumford'schen, hat man mit der ungleichen Farbe der Lichter und zwar noch mehr als bei dem von Ritchie zu kämpfen, indessen eignet es sich für den Unterricht, um etwa die Abnahme der Lichtstärke nach dem Quadrate der Entfernung dadurch zu zeigen, darum besser, weil eine große Zahl von Personen zugleich beobachten kann.

161 Das Photometer von Bunsen. Das Licht einer guten Lampe (am besten einer Moderator-Lampe) wird, wie Fig. 334 zeigt, von einem Blechkästchen *c* umgeben, welches noch eine Auszugsröhre *d* hat. Letztere ist vorn mit Schreibpapier bezogen, welches man mittelst Stearin bis auf einen in der Mitte verbleibenden, etwa $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll breiten Ring von $\frac{1}{2}$ Zoll innerem Durchmesser durchsichtig gemacht hat. Man erwärmt zu diesem Zwecke das Papier und bestreicht es mit einer ebenfalls erwärmten Stearinferze. Jener Lampe gegenüber wird die zu vergleichende Lichtquelle so lange verrückt, bis der undurchsichtige Ring weder weiß noch schwarz erscheint, sondern ganz verschwindet; ebenso verfährt man mit einer zweiten Lichtquelle; hat man die Entfernungen beider Lichtquellen von dem Papierschirm gemessen, so erhält man daraus das Verhältniß der Lichtstärken.

Fig. 334.



Zu directer Vergleichung zweier Lichter ist dieses Verfahren nicht geeignet, allein bei dem eben beschriebenen indirecten Verfahren ist es unabhängiger von der Farbe der Lichter.

Wenn man die Lichtstärke von Gasflammen zu vergleichen hat, ist es bequem, in dem Kästchen einen kleinen Gasbrenner anzubringen, der sein Gas durch einen langen Schlauch erhält; man kehrt dann das Papier zuerst gegen die zu vergleichende Kerze so, daß es die Distanz 1 hat und giebt der kleinen Gasflamme die erforderliche Stärke, um den Fleck verschwinden zu machen. Dann wird das Kästchen gegen die zu messende Gasflamme gekehrt und ihr so lange genähert oder von ihr entfernt, bis der Fleck wieder verschwindet. Fig. 335 zeigt diese Form des Photometers zugleich mit der Gasuhr, der Kerze *c* und der Gasflamme *d*. Eine andere Abänderung des Bunsen'schen Photometers ist

das Spiegelphotometer. Man bringt auf dem Maßbalken einen Schieber wie

Fig. 335.

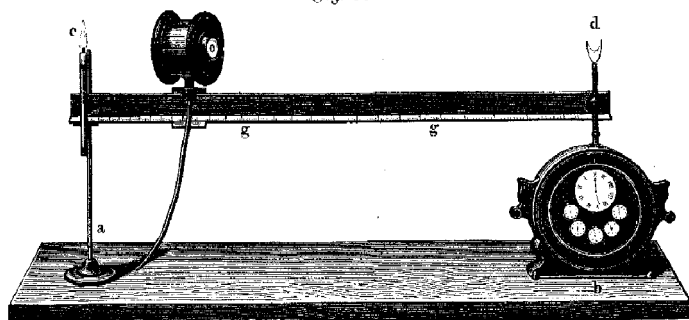
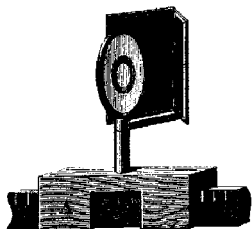


Fig. 336.



A in Fig. 336 an, welcher ein Röhrrchen mit dem befetteten Papier trägt, und zwei Spiegel, letztere sind zu einander rechtwinklig und machen mit der Ebene des Papiers Winkel von 45° . Da man hier beide Flächen des Papiers zugleich sieht, so kann man den Fleck beiderseits gleich nahe zum Verschwinden bringen, was die Sicherheit der Messung ungemein befördert.

Alle diese Photometer sollten eigentlich ebenfalls in schwarze Kästen eingeschlossen sein, denn das von den Wänden auf das Papier reflectirte Licht bildet keine unbedeutende Fehlerquelle.

Schatten und Halbschatten. Am allereinfachsten zeigt man **162** den Unterschied beider an einer im Sonnenlichte aufgehängten Kugel von $\frac{1}{2}$ bis 1 Zoll Durchmesser, deren Schatten auf weißem Papier in verschiedenen Entfernungen aufgefangen wird. Auch unter einer Lampe mit seitlichem Delbehälter, kreisrundem Schirme und kreisrundem Tropfgefäße erhält man unter letzterem Schatten und Halbschatten sehr schön.

Man kann jede gut begrenzte Gasflamme direct für diesen Versuch benutzen, da man leicht einen Körper nehmen kann, der einen geringeren Durchmesser hat als die Flamme; hohle Flammen sind nicht dazu geeignet, denn es entsteht bei ihnen der Uebelstand, daß sich zwei Schatten bilden, welche in größerer Entfernung vom dunklen Körper ganz auseinander treten, da solche Flammen natürlich an den beiden Seiten immer größere Lichtstärke haben als in der Mitte.

Zu diesem Theile gehört auch die Erscheinung in der Camera clara. Es

bedarf die Darstellung derselben keines besonderen Apparates, da man nur in das für den Heliostat bestimmte Brett einen Schieber mit einer Oeffnung von etwa einem halben Zoll einführen darf, um bei verdunkeltem Zimmer auf der dem Fenster gegenüber befindlichen Wand verkehrte Bilder der außerhalb befindlichen Gegenstände zu erhalten. Je kleiner die Oeffnung im Laden genommen wird, desto schärfer werden die Bilder, aber desto sorgfältiger muß auch jede Spur fremden Lichtes vom Zimmer abgehalten werden. Kann man das Zimmer für diesen Versuch nicht dunkel genug bringen, um die Erscheinung einem ganzen Auditorium zugleich zu zeigen, so kann man sehr leicht eine Camera clara aus zwei in einander verschiebbaren Pappröhren *A*, *B*, Fig. 337,

Fig. 337

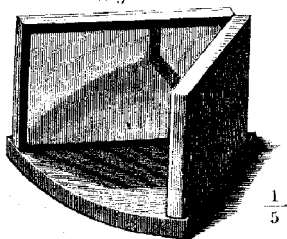


zusammenzusetzen. *A* erhält einen Boden, und in dessen Mitte eine Oeffnung von etwa einer Linie im Durchmesser; und *B* auf der in *A* gesteckten Seite ein mattgeschliffenes Glas oder ein aufgespanntes Strohpapier. Man hält die Oeffnung von *B* dicht vor das Auge und richtet das Rohr nach einem wohlbeleuchteten Objecte.

B. Versuche über die Zurückwerfung des Lichtes.

- 163 **Ebene Spiegel.** Außer einem gewöhnlichen ebenen Spiegel bedarf man auch eines Stückes Spiegelglas, welches rückwärts mit starker Lutsche geschwärzt ist, zur Vergleichung mit jenem, nebst einem Winkelspiegel und zwei parallel stehenden Spiegeln. Letztere beide werden in schwarze hölzerne Fassungen gebracht, und der Winkelspiegel erhält gewöhnlich 60° , Fig. 338. Noch zweckmäßiger ist es, wenn die beiden Spiegel nur durch ein Gelenkband verbunden sind, damit man dieselben dann in einen beliebigen Winkel stellen kann. Als Gegenstand nimmt man irgend einen glänzenden Körper oder ein Stückchen einer Wachsterze, welches zwischen die Spiegel so gestellt wird, daß es etwa vor der Mitte derselben steht. Zur Ergänzung gehört noch ein Kaleidestop, welches man bei jedem Händler mit optischen Waaren, oder auch

Fig. 338.



im Spielzeugladen um wenige Groschen erhalten kann.

Wollte man ein solches sich selbst anfertigen, so werden in eine Pappröhre

von etwa 4 Zoll Länge und 1 bis 2 Zoll Weite zwei Streifen von einem ganz gewöhnlichen Spiegel so eingesetzt wie Fig. 339 im Durchschnitte zeigt, und so,

Fig. 339.

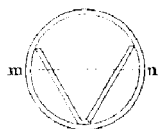


Fig. 340.



daß der Winkel zwischen den Spiegeln 60° beträgt. Einerseits wird die Röhre durch ein reines rundes Glas geschlossen, *a*, Fig. 340 (Durchschnitt nach der Linie *mn* in Fig. 339), welches auf den Spiegeln aufliegt und durch einen Draht oder Pappiring gehalten wird, andererseits bei *b* erhält die Röhre eine Pappscheibe zum Schlusse mit 2 bis 3 Linien weiter Oeffnung. In den Raum vor das Glas bei *a* legt man einige Splitter von verschiedenfarbigem Glase und schiebt eine zweite kurze Röhre *cc* über die erste; letztere wird durch ein darin befestigtes mattgeschliffenes Glas verschlossen. Die künstlichen Kaleidostope haben übrigens häufig drei Spiegel, die je einen Winkel von 60° mit einander machen, wodurch man mehrere Sterne erhält.

Silberspiegel bekommt man jetzt im Handel und sie sollen 20 Proc. mehr Licht zurückwerfen als Quecksilberspiegel.

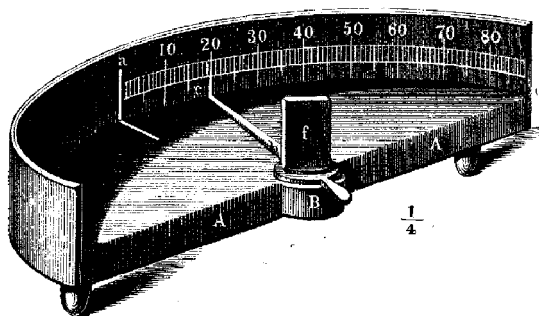
Braucht man Stahlspiegel, so muß der Spiegel aus dem gleichförmigsten Stahle, also aus Gußstahl schon vor dem Härten möglichst fertig gemacht werden. Das Härten muß durch Einsetzen in Lederschnitzel-Kohle geschehen, wobei die Spiegelfläche nach unten zu richten ist; man glüht 3 bis 4 Stunden und löscht dann in Wasser mit ein wenig Salzmiaf. Bleibt der Spiegel hierbei nicht eben, so kann er nicht gebraucht werden. Denn wenn man die gehärtete Haut

durchschleift, so bekommt die Fläche ungleiche Härte, also ungleiche Politur, der Spiegel wird flechtig.

Um das Gesetz der Zurückwerfung zu erläutern, dient folgender von Müller angegebener Apparat, der sehr einfach herzustellen ist. Ein halbkreisförmiges Brettchen *A*, Fig. 341 (a. f. S.), hat in der Mitte eine Verstärkung *B*, um einem im Mittelpunkt drehbaren konischen Zapfen von Messing, der unten durch eine Schraube angezogen werden kann, zur Führung zu dienen; oberhalb trägt dieser Zapfen eine kleine Scheibe, die einerseits in einen Griff, andererseits in einen zuletzt rechtwinklig aufgebogenen Zeiger *c* ausläuft. Um das Brettchen ist ein halbkreisförmiger Messingstreifen gelegt, welcher in der Mitte bei *a* einen Schlitz hat und dessen eine Hälfte in Grade getheilt ist. Auf der Scheibe *b* steht der Spiegel *f* in einer Messingfassung, welche unten in einen Rappen ausläuft; letzterer wird durch eine Schraube auf der Scheibe *b* befestigt und diese erlaubt zugleich die Regulirung des Spiegels. Läßt man

durch den Schlitz *a* einen Lichtstrahl auf den Spiegel fallen, so giebt der Zeiger *c* den Einfallswinkel, und das reflectirte Bild des Lichtstrahles auf der Theilung

Fig. 341.



das Doppelte davon an. Um den Spiegel richtig zu stellen, dreht man ihn unter seiner Schraube so, daß bei einem vorläufigen Versuche der reflectirte Lichtstrahl den richtigen Punkt trifft; ist dieses einmal so gestellt, so wird es für alle Einfallswinkel zutreffen, wenn die Ebene des Spiegels durch den Mittelpunkt der Theilung geht. Der Apparat dient zugleich auch, um den Satz anschaulich zu machen, daß, wenn bei unveränderlich einfallendem Lichtstrahl der Spiegel um einen gewissen Winkel gedreht wird, dann der zurückgeworfene Strahl um den doppelten Winkel fortrückt, worauf z. B. der Apparat beruht, den *Wheatstone* zur Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Electricität anwandte.

- 165 Der Heliostat.** Der Heliostat ist sowohl für den Unterricht als für die Weiterbildung des Physikers eines der unentbehrlichsten Werkzeuge, und man wird daher alsbald daran denken, sich einen solchen zu verschaffen, wenn man ein bleibendes Local erworben hat; es kann dieses um so eher geschehen, als er in seiner einfachsten Gestalt nur sehr wenig kostet. Daß schon bei der Auswahl der Lehrzimmer für die einzelnen Curse darauf Rücksicht genommen werden muß, daß dasjenige, in welchem Optik zu lehren ist, die erforderliche sonnige Lage habe, und ebenso auch mit gehörig schließenden Läden versehen werde, ist bereits im ersten Theile erörtert. Das Gleiche gilt von dem Zimmer, in welchem die Lehrapparate aufbewahrt werden, damit daselbst die Versuche gehörig vorbereitet werden können und der Lehrer Gelegenheit für seine Weiterbildung habe. Freilich fällt die Vorsicht für das letztere Local da weg, wo für den physikalischen Unterricht ein eigenes Lehrzimmer vorhanden ist.

In seiner einfachsten Form besteht nun der Heliostat aus einem viereckigen mit breitem Falze versehenen Brette *AB*, Fig. 342, von hartem Holze, welches

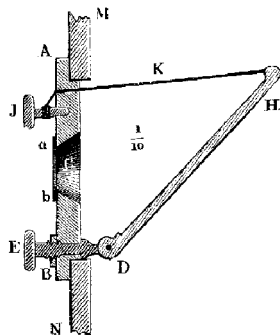


Fig. 342.

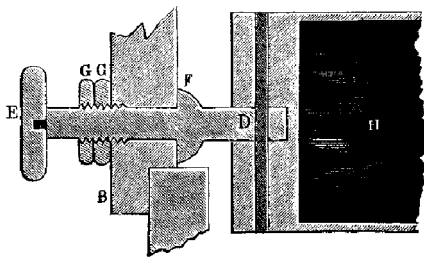
in einen Ausschnitt des Ladens *MN* paßt, und darin durch zwei Flügelschrauben, wie Fig. 343, erhalten wird. In der Mitte hat dieses Brett eine konische Oeffnung *C*, die innerhalb durch ein dickes Messingblech *ab* geht, welches ein Gewinde hat, um verschiedene Aufsätze einzuschrauben. Anstatt des Messingbleches kann auch eine kurze Röhre aus Holz oder Pappe angebracht werden, über und in welche die verschiedenen Apparate aufgesteckt werden können. Außerhalb befindet sich ein schmaler langer Spiegel in einer hölzernen Fassung, welcher durch ein einfaches Gelenk *D* mit dem höl-



Fig. 343.

zernen Nagel *DE* verbunden ist. Fig. 344 zeigt diesen Theil in größerem Maßstabe. Der Nagel *DE* hat bei *F* einen Anhalt und kann mittelst der beiden Mutttern *G G*, wovon die eine zum Versichern der anderen dient, in dem Brette *AB* beliebig festgestellt werden, so daß er die nöthige

Fig. 344.



Reibung erhält, um durch den Zug des Spiegels *DA* nicht gedreht zu werden. Der Knopf *E* wird erst aufgelegt, wenn Alles an Ort und Stelle ist. Mittelfst der Schnur *K*, welche durch eine glatte Oeffnung des Brettes *AB* geht, und um den durch Reibung feststehenden Nagel *J* geschlun-

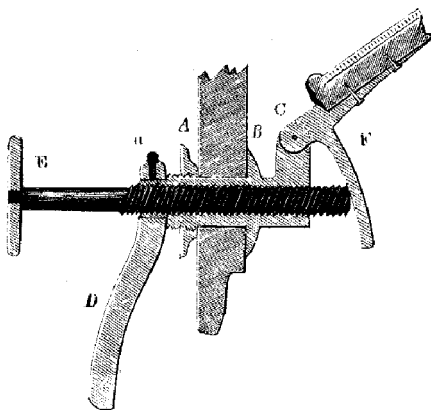
gen ist, erhält der Spiegel eine beliebige Neigung gegen die Drehungsaxe *DE*.

Bei der Wahl des Spiegels muß man darauf sehen, daß derselbe aus sehr reinem und dünnem Glase besteht, damit man nicht mehr als zwei Bilder, und diese möglichst dicht über einander erhält. Die Breite des Spiegels braucht nur wenig mehr, als die Breite der Oeffnung *C* zu betragen, allein von seiner Länge hängt es ab, wie lange es möglich ist, bei niedrigem Stande der Sonne die Strahlen noch horizontal durch die Oeffnung *C* zu bringen.

Bei dieser soeben angegebenen einfachen Einrichtung wird durch eine

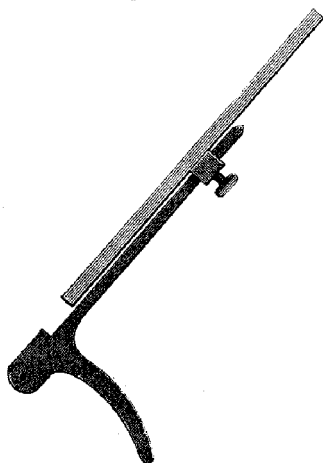
Drehung des Nagels *E* die Stellung des Spiegels gegen den Nagel *I* verändert, und die Schnur *K* bekommt eine schiefe Stellung gegen den Spiegel, wodurch nach und nach die Festigkeit des Apparates vielleicht leiden könnte. Dieses ist weniger der Fall bei der in Fig. 345 in der halben GröÙe dargestellten

Fig. 345.



geht die lange Schraube *E*, für die am Ende desselben eine Mutter geschnitten ist; diese Schraube dient dazu, mittelst des am Spiegel angebrachten Sporns *F* die Neigung des Spiegels zu ändern.

Fig. 346.



ten Vorrichtung. Hier ist der Spiegel durch ein rundes Stück Messing getragen, welches durch den Ansatz *B* und die Schraube *A* die gehörige Reibung gegen das Brett des Heliosstats erhält, und an dem Gelenke *C* den Spiegel trägt. Innerhalb ist an dieses Messingstück mittelst eines viereckigen Zapfens und des Stellschraubchens *a* der Griff *D* befestigt, an welchem der Spiegel gedreht wird.

Durch dieses Messingstück

Wenn man den Träger des Spiegels länger macht, wie in Fig. 346, und an der Fassung des Spiegels einen Winkel mit Schraube anbringt, so hat man den Vortheil, anstatt des gewöhnlichen Spiegels auch einen solchen aus geschwärztem Glase anwenden zu können, da dieser ein reines Sonnenbild und für die meisten Versuche Licht genug giebt, namentlich für die Versuche mit dem Spectrum und für die Verengungsversuche.

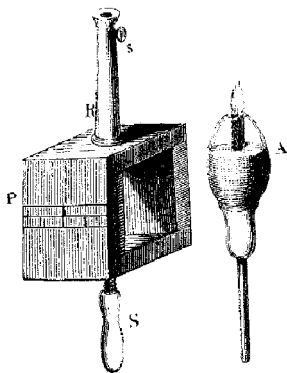
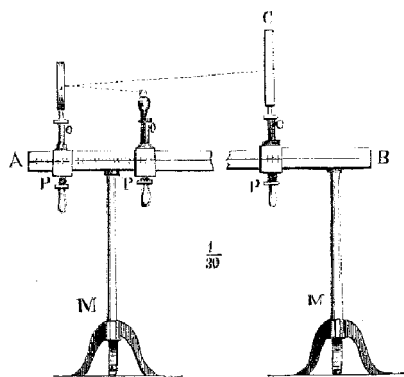
Bei keiner der beschriebenen Einrichtungen kann der Apparat sehr viel kosten und reicht zu allen Versuchen aus; man darf dabei freilich die Mühe nicht scheuen, die beiden Riegel *E* und *J* oder *E* und *D* fleißig zu handhaben, wenn der Sonnenstrahl dieselbe Richtung behalten soll; man erreicht zwar die dazu erforderliche Uebung sehr bald; sie muß aber auch erlangt werden, wenn der Spiegel durch Zahn und Getriebe regulirt wird. Eigentliche Heliostate mit Uhrwerk und Metallspiegel sind noch immer sehr kostbare Apparate, wenn dieselben auch in neuerer Zeit sehr vereinfacht wurden.

Versuche mit dem Hohlspiegel. Für diese, sowie für viele andere Versuche in diesem Capitel, ist ein hölzernes Gestell wie Fig. 347 sehr zweckmäßig; *AB* ist ein schwacher, gerader, 12 bis 15 Fuß langer Balken aus Tannenholz (ein halber Rahmenschinkel oder besser zwei Brettstückchen zu dieser Stärke verleimt), der von zwei dreifüßigen Stützen *MM* getragen wird; letztere sind nur in passende Löcher des Balkens gesteckt, so daß man nach dem Gebrauche das Gestell auseinander nehmen und getrennt aufbewahren kann. Der Balken ist seiner ganzen Länge nach in Zolle getheilt, und es lassen sich an ihm

Fig. 347.

Fig. 348.

Fig. 349.



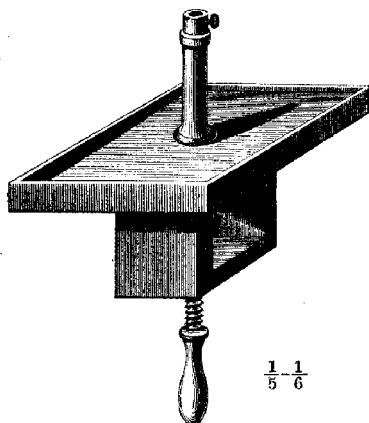
Hülfsen *P, P*, wie Fig. 348, verschieben und durch Schrauben *S* beliebig feststellen; auch diese Hülfsen sind getheilt und messen in ihrer Breite eine ganze Anzahl Zolle. In Röhren *R*, Fig. 348, welche auf diesen Hülfsen befestigt sind, lassen sich mittelst der kleinen Schraube *s* die verschiedenen Apparate, wie Spiegel, größere Linsengläser, mit Papier gespannte Rahmen u. dergl., in beliebiger Höhe feststellen. Statt solcher Hülfsen könnte man dem Balken oberhalb eine Rauh geben und in dieser eingeschleifte Brettchen verschieben, auf welche die Röhren *R* befestigt sind; allein man wird entweder nicht den gleich festen Stand oder nicht die gleich leichte Beweglichkeit erhalten, wie auf die angegebene Weise.

Als leuchtender Gegenstand dient am besten die Flamme einer kleinen Oellampe von Glas, A, Fig. 349 (a. v. S.), deren kurzer Glasstiel in einen längeren hölzernen gefaßt wird, um sie bequem auf einer der Hülsen P befestigen zu können. Der hölzerne mit weißem Papier bespannte Rahmen wird so groß genommen, als nach einem vorläufigen Versuche erforderlich ist, um das ganze Bild der Flamme aufzunehmen, wenn dieses für den vorhandenen Spiegel und die Länge des Balkens die größte Ausdehnung erlangt hat.

Für optische Versuche ist Gaslicht ganz besonders bequem, da man dadurch wenigstens in einzelnen Fällen vom Sonnenschein unabhängig wird.

Die Einrichtung läßt sich einfach so treffen, daß man auf einen der für den Balken AB, Fig. 347, bestimmten Schieber ein Brettchen mit Rand

Fig. 350.



$$\frac{1}{5} - \frac{1}{6}$$

anbringt, wie Fig. 350 zeigt; in die Hülse dieses Schiebers steckt man den Stiel des Gasleiters Fig. 351, auf welchen man einen Argand'schen Brenner mit Zugglas aufschraubt und denselben durch einen Kautschukschlauch mit einer im Zimmer befindlichen Brennöffnung verbindet. Ueber diesen Brenner stellt man das Blechfamin Fig. 352, welches einerseits einen Schlig für den Schlauch, und andererseits in passender Höhe eine

Öffnung hat, um beliebige Schieber vor das Licht zu bringen, z. B. für den hier zunächst in Rede stehenden Versuch einen Schieber mit ausgeschnittenem Pfeil. Diese Einrichtung gewährt zugleich den Vortheil, daß man mittelst des Hahns eines anderen Brenners das Zimmer augenblicklich hell und dunkel machen kann.

Für jene Stellung, wo das Bild zwischen Gegenstand und Spiegel liegt, befestigt man ein kleines, nur etwa einen halben Zoll breites und einen Zoll hohes Stückchen Papier an einen Drahtstiel, der um die halbe Spiegelbreite rechtwinklig zum Balken seitwärts gebogen ist. Der Spiegel muß dann entsprechend gedreht werden, damit das Bildchen außerhalb der geraden Linie des Balkens falle und dem Spiegel durch das kleine Papier nur wenig Licht entzogen werde.

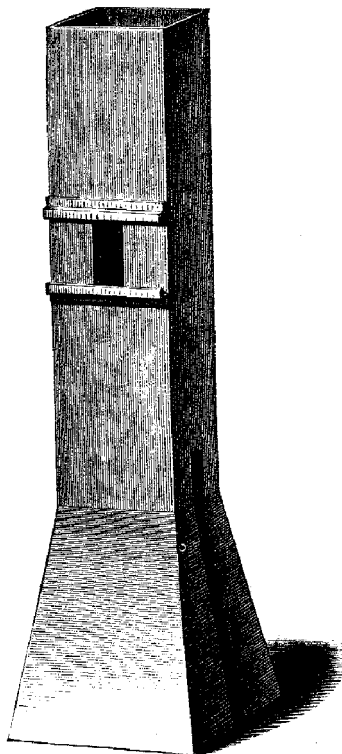
Anstatt hier, sowie in einer Reihe anderer Versuche, Rahmen anzuwenden, welche mit weißem Papier bespannt sind, kann man auch Rahmen mit Stroh-

Fig. 352.

Fig. 351.



$$\frac{1}{5} - \frac{1}{6}$$



papier beziehen; es läßt sich aufspannen wie anderes Papier und gewährt den Vortheil, daß man das darauf geworfene Bild, wenigleich weniger glänzend, von beiden Seiten sehen kann. Für viele Zwecke sind aber solche Rahmen von ausgezeichnetem Vortheile; man muß sich daher wenigstens einen solchen aus ein Paar Stücker Holz, etwa in Vogengröße, zusammenleimen und Strohpapier darauf spannen, indem man es wie beim Aufspannen auf dem Reißbrette behandelt.

Als Spiegel kann für diese Versuche jeder sogenannte Rasirspiegel dienen, so lange man das Bild nur auf Papier auffangen will. Auch Uhrgläser, die man auf einer Seite mit schwarzem Siegelack überzieht, indem man das Glas soweit erwärmt, bis das Siegelack auf demselben schmilzt, sind sehr gut. Um

aber das Luftbild frei in der Luft schweben zu sehen, muß der Spiegel eine etwas größere Breite und eine kürzere Brennweite haben, damit das Bild mehr Licht bekomme und von mehreren Personen zugleich gesehen werden könne, wenn es auch etwas weniger scharf sein sollte. Brennspiegel von 1 bis 2 Fuß Brennweite und mindestens einem Fuß Breite sind hierzu geeigneter, selbst wenn sie eine weniger gute Politur haben und nur aus vom Blechner polirtem Messingbleche bestehen, wie die weiter unten zu beschreibenden Wärmespiegel, als sehr reine, aber weniger gekrümmte Spiegel. Bei einem Nasirspiegel von 3 bis 4 Zoll Breite geht der Versuch zwar auch, allein das Luftbild wird kaum mehr als einer Person sichtbar; nur wenn es sehr klein ist, also der Gegenstand weiter vom Spiegel absteht, sieht man dasselbe gut, aber man täuscht sich dann über den Ort und versetzt es hinter den Spiegel. Sein freies Herausreten aus dem Spiegel, eine wirkliche Täuschung auch für den geübten Zuschauer, erfordert durchaus einen etwas größeren Spiegel und kurze Brennweite. Man kann zwar auch mit einem Nasirspiegel die Erscheinung rasch nach einander mehreren Personen zeigen, wenn man eine brennende Kerze in die eine, den Spiegel in die andere Hand nimmt, beides in passende Entfernung von einander bringt und nun den Personen einzeln das vom Spiegel reflectirte Licht auf das Gesicht richtet.

Als Gegenstand dient für solche Versuche eine Kerzenflamme sehr gut; gewöhnlich wählt man aber einen künstlichen Blumenstrauß von etwas lebhaften Farben, den man unter günstiger Beleuchtung so aufstellt, daß er von den Zuschauern nicht gesehen werden kann. Man kann dann sogar an den Ort des Bildes ein Glas mit Wasser stellen, in welchem der Blumenstrauß zu stehen scheint. Für Spiegel mit weniger starker Krümmung ist der vom Luftbilde ausfahrende Strahlenkegel zu enge, als daß zwei oder mehr Personen zugleich das Bild sehen könnten; allein man kann jeder einzeln seine Existenz dadurch sehr gut zeigen, wenn man ihr die Stellung anweist, in welcher sie das Luftbild ihrer eigenen ausgestreckten Hand sehen kann. Man kann hierbei die Stellung so wählen, daß die Person ihre eigene, vor den Augen ausgestreckte Hand fassen zu können glaubt. Für die spätere Betrachtung zusammengesetzter Instrumente ist es sehr wichtig, daß man einen sicheren Begriff davon habe, daß dieses Luftbild unabhängig von der weißen Wand existire, und hierzu sind eben Spiegel geeigneter als Linsengläser.

Was nun das Bild hinter dem Spiegel betrifft, so muß man beim Versuche nicht erwarten, daß dasselbe erst gesehen werde, wenn die Strahlen divergirend werden; man sieht den Gegenstand schon hinter dem Spiegel, wenn er sich noch zwischen dem Mittelpunkte und dem Brennpunkte befindet; wie bald und wie deutlich, das hängt von der Beschaffenheit des Auges ab.

terung
grüne
linder

ob m
eine
Falle
kann
Fall
Nicht
starke
Luft
bis a



und s
terial
Theil
Grad
überz
Glas

Convexspiegel bedürfen keiner besonderen Versuche. Für die Erläuterung der Wirkung cylindrischer und konischer Spiegel dient jede reine schwarzgrüne Weinflasche ganz vortrefflich, und man kann daher einen eigentlichen Cylinder- oder Kegelspiegel wohl entbehren, sowie die dazu gehörigen Zerrbilder.

C. Versuche über die Brechung des Lichtes.

Bei den Elementarversuchen in dieser Beziehung handelt es sich darum, ob man vor Allem nur das Factum der Brechung an sich nachweisen oder durch eine und die andere Messung das Brechungsgesetz erläutern will. Im ersten Falle genügt nämlich ein in Wasser gesteckter Stab; im zweiten Falle aber kann man verschiedene Werkzeuge anwenden. Sehr einfach, aber nur für einen Fall passend, ist das Verfahren, den Weg des einfallenden und gebrochenen Lichtstrahles auf ein weiß angestrichenes Blech oder gesirnißtes Papier mit starken schwarzen Linien aufzuzeichnen, und dabei das Brechungsverhältniß aus Luft in Wasser zu beobachten; steckt man das Blech mit der Zeichnung Fig. 353 bis *ab* in Wasser, so erscheint die Linie *cde* gerade.

Fig. 353.

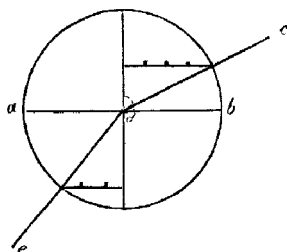
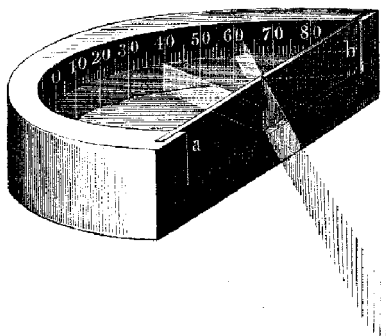


Fig. 354.

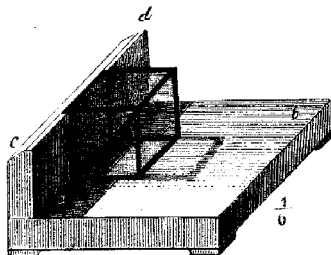


Das in Fig. 354 abgebildete Instrument ist geeignet, die Einfallswinkel und Brechungswinkel für verschiedene Flüssigkeiten zu messen, je nach dem Materiale, aus dem es gefertigt wird. Wählt man ganz einfach für den gebogenen Theil und den Boden Holz, und leimt die vorher auf Papier aufgetragene Gradeintheilung hinein, so wird der ganze Apparat am besten mit Copalfirniß überzogen, und kann dann freilich nur zu Wasser gebraucht werden. Die gerade Glaswand *ab* besteht aus einem Spiegelstücke und ist mit Stanniol belegt, weil

sich hierin die in der Mitte befindliche verticale Spalte sehr schön und gerade einschneiden läßt, während der übrige Theil undurchsichtig bleibt. Das Glas ist mittelst Glaserkitt auf den drei nicht freien Seiten in eine Fuge eingekittet. Beim Gebrauche stellt man den Apparat auf den Tisch, füllt ihn zur Hälfte mit Wasser und stellt in einiger Entfernung davon eine Kerzenflamme auf, oder richtet durch den Heliostat Sonnenlicht auf denselben. Das oberhalb des Wassers einfallende Licht mißt auf der Theilung den Einfallswinkel, das durch das Wasser gegangene den Brechungswinkel, und man kann nun durch zwei oder drei Fälle zeigen, daß ihre Sinus wirklich in constantem Verhältnisse stehen, wenn man sich überhaupt so weit einlassen kann. Ist letzteres nicht der Fall, so dient der Apparat sehr gut dazu, die Brechung zu zeigen, und wenigstens darauf aufmerksam zu machen, daß die Differenz zwischen beiden Winkeln mit der Größe des Einfallswinkels wächst.

Eine andere sehr bequeme Weise, diese Brechung zu zeigen, bietet der Apparat Fig. 355, wo ein hohler Glaswürfel, der aus Spiegelglasstücken zusammen gekittet und auf der oberen Seite offen gelassen wird, mit dem Boden

Fig. 355.



in das Brettchen *ab* und mit der einen Seite in die Wand *cd* um die Glasdicke eingelassen wird. Beim Gebrauche füllt man denselben etwa zur Hälfte mit Wasser und stellt ihn so, daß die Sonnenstrahlen parallel mit den Seitenflächen des Würfels einfallen. Der Schatten im Wasser ist kürzer als der Schatten außerhalb.

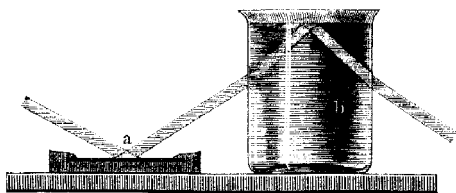
Auch auf folgende Weise kann man im Dunklen die Brechungserscheinung

sehr gut zeigen. Man rührt Kreidepulver in einen etwas weiten Glaszylinder ein und läßt das Wasser 24 Stunden ruhig stehen. Leitet man nun einen Sonnenstrahl auf die Oberfläche des Wassers, so sieht man seinen Weg in der Luft an den erleuchteten Staubtheilen und seinen Weg im Wasser an den erleuchteten Kreidetheilen. Anstatt des Kreidepulvers kann man auch ein paar Tropfen Tinct. Myrrhae in das Wasser rühren.

- 169 Totale Reflexion.** Dasselbe Kreidewasser kann nun auch verwendet werden, um die totale Reflexion zu zeigen. Man leitet nämlich den Sonnenstrahl zuerst auf den ebenen Spiegel *a*, Fig. 356, so daß das reflectirte Licht zu der Oberfläche des Wassers im Gefäße die für totale Reflexion erforderliche Richtung hat. Man sieht hier den Weg der Lichtstrahlen im Wasser ebenfalls durch die erleuchteten Kreidetheilen, und man bemerkt zugleich kein aus dem

Wasser tretendes Licht an den Staubtheilchen oder der gegenüberstehenden Wand, was eintritt, wenn das Licht unter einem dazu geeigneten Winkel die Oberfläche

Fig. 356.



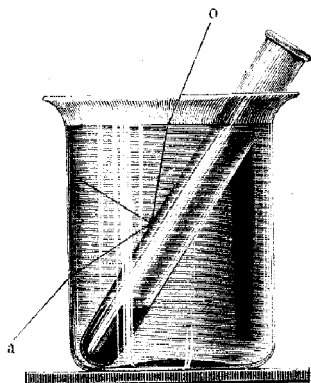
des Wassers trifft. Dieser Versuch kann wohl auch mit einem etwa 4 Zoll weiten runden Gefäße angestellt werden, aber es ist doch rathsam, wenn möglich, ein doppelt so weites dazu zu nehmen, auch darf die Oeffnung am Heliostat nicht zu breit sein; $\frac{1}{2}$ Zoll ist hinreichend; am besten sind Gefäße aus Spiegelplatten.

Unter den Erscheinungen, die sich nun aus der totalen Reflexion erklären, giebt es viele, die zur Erläuterung noch weiter beitragen. Unter diesen ist der Newton'sche blaue Bogen auf der unteren Fläche eines Glasprismas eine der am häufigsten hier angeführten Erscheinungen, ist aber doch nicht für den Unterricht geeignet. Drei leicht anzustellende Versuche sind folgende:

1) Wenn man ein Glas mit Wasser füllt, so kann man keinen außen am Glase befindlichen Gegenstand sehen, wenn man von oben auf das Wasser sieht, außer in sehr schiefer Richtung und bei ziemlicher Weite des Glases.

2) Wenn man ein Trinkglas etwa zu $\frac{2}{3}$ mit aus weißem Zucker bereitetem Syrup füllt — der Syrup darf noch ziemlich dünnflüssig sein —, so kann man vorsichtig eine Wasserschichte darauf gießen, beinahe ohne daß sich die bei-

Fig. 357.



den Flüssigkeiten mit einander mischen. Dieses Aufgießen geschieht am einfachsten durch einen kleinen Löffel, den man bis an den Syrup bringt, ehe man das Wasser ausgießt. Klebt man nun auf das Glas unterhalb und nahe an die Grenzfläche beider Flüssigkeiten ein paar auf weißes Papier gezeichnete Buchstaben, so sieht man dieselben, wenn man von unten auf die Grenzfläche sieht, durch totale Reflexion und direct, also doppelt.

3) Wenn man eine dünne Glasröhre von etwa einem halben Zoll Durchmesser einerseits zuschmilzt und, wie in Fig. 357,

schieß in ein mit Wasser gefülltes Glasgefäß hält, so erscheint sie dem von oben auf das Wasser sehenden Auge wie mit Quecksilber gefüllt; dieser Metallglanz verschwindet aber, so weit als man die Röhre mit Wasser füllt.

Man ersieht zugleich hierbei, daß bei der Totalreflexion viel mehr Licht zurückgeworfen wird als vom Metallspiegel; denn wenn man die Röhre wirklich zum Theil mit Quecksilber füllt, so erscheint dieser Theil ganz grau gegen den mit Luft gefüllten.

170 Linsengläser. Die Versuche mit den Convergläsern werden auf dem Gestelle Fig. 347 und den dazu gehörigen weißen Rahmen gemacht. Man muß dazu ein Converglas von einigen Zoll Oeffnung und etwa nur 2 Fuß Brennweite zu bekommen suchen; doch geht der Versuch natürlich mit jedem Glase, wenn auch weniger auffallend. Das Glas erhält eine hölzerne Fassung mit einem zu den Hülfsen des Apparates passenden Stiele, und als Gegenstand dient wieder die Flamme der kleinen Lampe, die man nach und nach in die verschiedenen Entfernungen vom Glase bringt und dabei jedesmal dem Rahmen die entsprechende Stellung giebt, oder auch der Pfeil vor der Gasflamme. Auch hier muß man nachher das eigentliche Luftbild ohne die weiße Wand zeigen und auf den Unterschied zwischen ihm und dem Bilde auf der weißen Wand aufmerksam machen. Ebenso gilt auch hier die bei den Spiegeln gemachte Bemerkung, daß der Gegenstand schon eher hinter dem Glase aufrecht und vergrößert gesehen wird, als die Strahlen wirklich divergirend werden, was sonst leicht zu Mißverständnissen führen könnte. Die Versuche mit den Convergläsern sind bequemer anzustellen als jene mit den Spiegeln, da hier Bild und Gegenstand auf verschiedenen Seiten sich befinden.

Deister kommt man in den Fall, die Brennweite von Linsengläsern bestimmen zu müssen. Man hält dabei das Glas im Hintergrunde eines Zimmers gegen eine weiße Wand so, daß das Bild der etwa 15 bis 20 Fuß entfernten Fenster deutlich wird, und mißt die Entfernung von der Wand. Braucht man genaueres Maß, so wird ein mattgeschliffenes Glas am Anfange eines Maßstabes senkrecht zu diesem angebracht, und auf dem Maßstabe die Linse verschoben, bis das Bild deutlich ist. Wenn man dabei die Linse in einem auf den Maßstab passenden Schieber anbringt, so kann man das Bild auf dem matten Glase mit der Loupe untersuchen, um zu finden, in welcher Stellung es in allen Theilen gerade am deutlichsten ist.

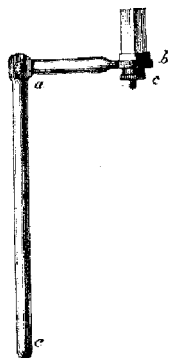
Einige andere Versuche mit Linsengläsern folgen nach den Versuchen über die Farbenzerstreuung.

171 Von den Prismen. Die Theorie der Prismen geht allerdings jener der Linsengläser voraus; allein die Versuche mit denselben müssen sich gegenseitig erläutern und ergänzen.

Bei der Anschaffung eines Prismas sehe man darauf, ein solches aus

Flintglas mit genauem Schliff und einem brechenden Winkel von 50 bis 60 Grad zu bekommen. Sie sind allerdings theurer; allein wenn ein solches Prisma auch nur 1 Centimeter Seite und nur 1 Centimeter Länge hat, so ist es für den Unterricht nützlicher, als die großen Glasstücke, die man gewöhnlich doch auch mit 2 bis 3 Fl. und mehr bezahlt. Man muß dasselbe unter der Bedingung kaufen, daß es zur Darstellung der Fraunhofer'schen Linien gebraucht werden könne. Die Aufstellung geschieht sehr einfach und zweckmäßig auf die in Fig. 358 dargestellte Weise. Das Prisma erhält auf der einen

Fig. 358.

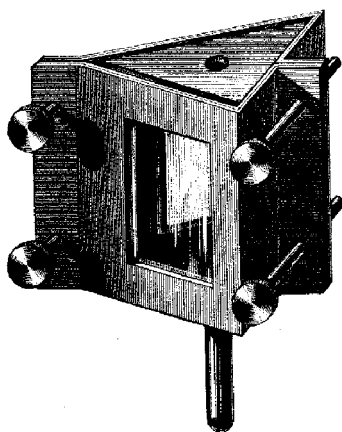


Grundfläche eine Fassung von Holz oder Messing, die in eine Schraube ausläuft; die Fassung wird mittelst einer Mutter *c* auf das etwas breite Ende des hölzernen Armes *ab* befestigt, und der Arm *ab* ist durch ein Gelenk, dessen Nagel ebenfalls eine Schraube bildet, mit dem Stäbchen *ac* verbunden; das Stäbchen *ac* aber paßt in eines der Stativ, Fig. 332. Man kann so das Prisma in jede beliebige Stellung bringen.

Hohlprismen, wie Fig. 359 kann man sich selbst machen, wenn man einige Arbeitsfähigkeit erworben hat, was bei massiven Glasprismen viel weniger der Fall ist, indem es schwer hält, vollkommen ebene Flächen, sowie aus Mangel an den nöthigen gehörig abgestuften Schleifmitteln, die erforderliche Feinheit des Schliffes und der Politur herauszubringen, selbst wenn man auch dazu passendes Glas hätte.

Die erwähnten Hohlprismen bestehen aus einem durchbrochenen prismatischen Körper von Messing, wozu man

Fig. 359.



ein hölzernes Modell anfertigt; wenn das Stück aus der Gießerei kommt, so reinigt man dasselbe äußerlich und in der Oeffnung mit der Feile und schleift die Seiten, welche mit Glas belegt werden sollen, zuerst mit Sand, zuletzt mit Smirgel eben und matt. In die eine der Grundflächen wird der metallene Stift befestigt, um das Prisma in ein Stativ stecken zu können; in die andere Grundfläche bohrt man ein Loch, welches in die Höhlung des Prisma hineinreicht und mit einem eingeschliffenen Stöpsel

versehen wird. Die Seiten des Prismas werden mit Stückeren reinen Spiegelglases belegt und diese durch zwei Messingbleche, welche mit entsprechenden Oeffnungen versehen sind, und vier Schrauben an den Körper des Prismas angepreßt. Man muß hierzu Spiegelglas mit möglichst parallelen Flächen wählen, was auf ähnliche Art untersucht wird, wie beim später zu besprechenden Wiprisma die Neigung beider Flächen. Die eigentlichen Auslagen für ein solches Prisma sind sehr unbedeutend, aber Arbeit erfordert es freilich, und kann doch nicht für Säuren gebraucht werden; auch Schwefelkohlenstoff erleidet darin nach und nach eine Zersetzung. Zweckmäßiger ist es, aus einem viereckigen Glasgefäße mit eingeriebenem Stöpsel durch Abschleifen zweier Wände ein hohles Prisma zu verfertigen und die abgeschliffenen Wände durch Spiegelplatten zu ersetzen, die dann wieder durch Messingbänder mit Schrauben angehalten werden (Fig. 360 zeigt das Glas noch ohne die Platten). Ist ein solches Prisma nur für Schwefelkohlenstoff bestimmt, so kann man die Spiegel-

Fig. 360.



platten auch mit Hausenblasenleim aufsitzen, und dann den Schwefelkohlenstoff für immer darin lassen, indem man ihn noch mit einer dünnen Schichte Wasser bedeckt, oder die Füllung bei etwas hoher Lufttemperatur vornimmt, und dann ohne Wasser nur durch den ebenfalls mit Hausenblase aufgesitteten Stöpsel verschließt. Daß wegen der starken Ausdehnung des Schwefelkohlenstoffs durch die Wärme in jedem Falle über der Flüssigkeit noch Raum bleiben müsse, versteht sich von selbst. Das Abschleifen und Richten eines solchen Glases erfordert weniger Arbeit, als man meinen sollte; das Abschleifen der Ecken geschieht auf einer Eisenplatte mit Sand, das vollständige Ebenrichten und Feinschleifen auf einer Spiegelplatte mit feinem Smirgel. — Sowohl beim Füllen als beim Entleeren der Prismen bedient man sich am besten einer Pipette mit lang ausgezogener Spitze, oder auch nur eines solchen Glasrohres; die Spitze muß durch die Oeffnung bis auf den Boden des Prismas laugen. Nach mehreren Jahren verdunstet dennoch ein Theil des Schwefelkohlenstoffs; man bringt dann Wasser zum Siedepunkte, was ihn nach einigen Tagen beweglich macht. Benzol giebt als brechende Flüssigkeit geringere Ablenkung als Flintglas und Schwefelkohlenstoff, kann aber besser gehandhabt werden als letzteres. Man gießt es für die Zeit des Versuchs kurzweg in ein beliebiges Hohlprisma.

172 Versuche mit den Prismen können mit Erfolg nur im dunklen Zimmer gemacht werden, in welches man das Sonnenlicht durch eine runde Oeffnung mittelst des Heliostats einleitet. Die Oeffnung darf 1 bis 2 Linien

Durchmesser nicht überschreiten, wenn man die Farben rein erhalten will. Für die meisten Versuche ist eine schmale Spalte zweckmäßiger, deren Höhe die Länge des Prismas nicht überschreitet; die Kante des brechenden Winkels, sowie die Spalte stehen am besten vertical, weil so das Spectrum immer in zweckmäßiger Höhe bleibt.

Um eine solche Spalte am Brettchen des Heliostats anzubringen, kann man entweder auf dasselbe oder noch besser auf die mittlere Messingplatte *aa*, Fig. 361, zwei Stäbchen *mm*, *nn* befestigen, deren jedes nach innen abgefalzt ist, oder man befestigt zwei solche Stäbchen auf den Boden einer kurzen Röhre Fig. 362, wenn vor der Oeffnung des Heliostats sich eine nicht abnehmbare Röhre befindet. In den durch die Stäbchen gebildeten Falz steckt man zwei

Fig. 361.

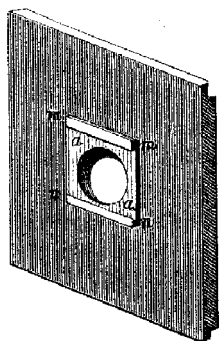


Fig. 362.

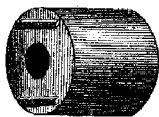


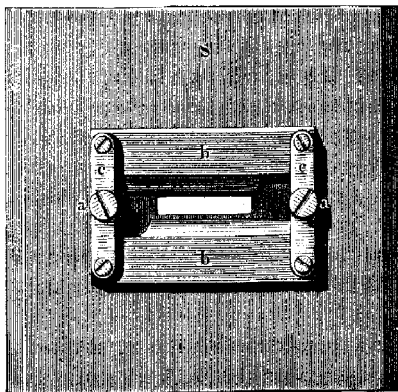
Fig. 363.



eben gerichtete und gerade gefeilte (nöthigenfalls gerade geschliffene) Plättchen von dünnem Bleche, Fig. 363, die man zum besseren Auffassen einerseits etwas aufbiegt. Es genügt, wenn die Spalte nur nach dem Augenmaß überall gleich breit ist. In demselben Falz kann man auch Bleche mit einer entsprechend kleinen runden Oeffnung, sowie noch andere Vorrichtungen schieben, von welchen bei der Beugung die Rede sein wird.

Eine Spalte, deren Ränder sich von selbst parallel erhalten, zeigt Fig. 364; die Schrauben *aa* halten die Bleche *bb* auf den Schieber und dienen zugleich als Axen für die kleinen Schieber *cc*, welche den Parallelismus der Bleche *bb* sichern.

Fig. 364.



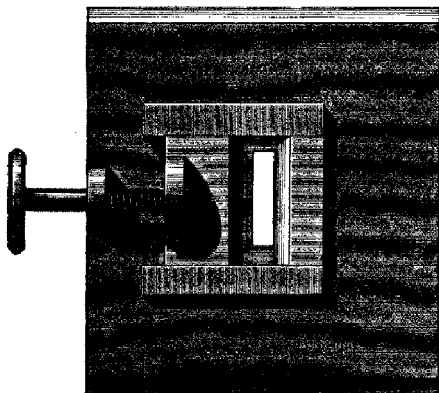
Will man der Spalte eine feine Bewegung geben, so wird der eine Schieber auf der Platte festgemacht und der andere durch eine feine Schraube geführt wie in Fig. 365 (a. i. S.).

Um die Prismen, Linsen und Schirme *xc.* in beliebiger Entfernung bequem aufstellen zu können, dienen Stativ, wie Fig. 333, in welche man ent-

weder kleine Tischchen oder die größeren Schirme stecken kann. Prismen und Linsen stellt man in den Stativen Fig. 332 auf diese Tischchen. Für viele Versuche ist es zweckmäßig, eine große weiße Wand zu haben; man kann hierfür ein weißes Papier an der Wand wie einen Rollvorhang herrichten und dasselbe unten mit einer etwas schwereren Leiste versehen.

Die Versuche sind nun hauptsächlich folgende.

Fig. 365.



Linse vom Prisma muß so sein, daß sie ein vergrößertes Bild von der brechenden Fläche des Prismas geben kann, oder wenigstens kein viel kleineres; an den Ort dieses Bildes stellt man einen weißen Schirm. Wenn man die brechende Kante des Prismas ordentlich parallel mit der Spalte, die Linse senkrecht in das Spectrum, den Schirm aber ein wenig schief stellt, so daß er auf der Seite der blauen Strahlen etwas näher an der Linse steht, so wird man ein schönes weißes Bild von der brechenden Fläche des Prismas erhalten, das nur am Rande einerseits einen blauen, andererseits einen rothen ganz feinen Saum behält. Ein achromatisches Glas wirkt hierbei freilich besser; achromatische Linsen von einiger Breite sind indessen theuer. Hält man durch geschwärzte Papierstreifen einzelne Theile des Spectrums auf, so zeigen sich hierbei sehr schön die complementären Farben.

Complementäre Farben erhält man besonders schön, wenn man durch ein Prisma mit schwach brechendem Winkel (8 bis 10°) einen Theil ablenkt, wie in Fig. 366.

Man kann diesen Versuch auch so anstellen, daß man in passender Entfernung das durch ein Prisma entstandene Spectrum durch ein zweites Prisma

1) Das Spectrum selbst, wobei man gewöhnlich zuerst eine runde Oeffnung anwendet, um die obere und untere Ab-rundung zu zeigen. Man läßt es auf einen Schirm mit weißem Papier fallen.

2) Die Vereinigung aller Farben giebt wieder weiß. — Für diesen Zweck wählt man die Spalte, stellt das Prisma in eine Entfernung von 5 bis 10 Fuß von derselben und läßt das Spectrum auf eine Convexlinse fallen, die breit genug ist, um dasselbe ganz aufzunehmen. Die Entfernung der

betrach-
Breite
würde

wirken
Federk
Steges

der S
dieser
ganze
sten S
bestim
cc un
halten

368,
sich du

betrachtet, wobei man dann wieder die Spalte im Helioskop in ihrer natürlichen Breite und weiß sieht; allein da hierbei immer nur eine Person sehen kann, so würde man beim Unterrichte zu viel Zeit verlieren.

Fig. 366.

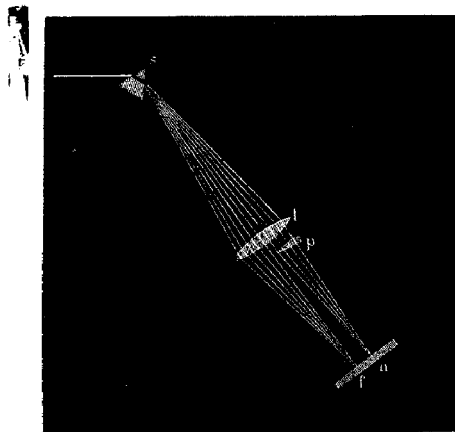
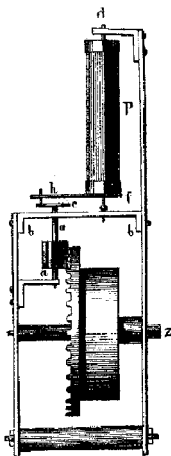
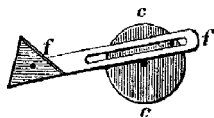


Fig. 367.



Eine weitere Vorrichtung, die Vereinigung aller Farben zu Weiß zu bewirken, ist das oscillirende Prisma, Fig. 367. Durch ein Krourad mit Federhaus wird die verticale Ase *aa* in Bewegung gesetzt, welche oberhalb des Steges *bb* die Scheibe *cc* Fig. 368 trägt. Das Prisma *P* hat messingene

Fig. 368.



Fassungen und ist an zwei stählernen Zapfen in dem Stege *bb* und dem Lappen *d* beweglich; an seiner unteren Fassung ist die kleine Schiene *ff*, Fig. 368, durch deren Schlitz der auf der Scheibe *cc* befestigte Zapfen *h* hindurch reicht. Wird die schwache Feder an dem Zapfen *z* aufgezogen, so versetzt die Drehung der Scheibe *cc* das Prisma in eine rasche oscillirende Bewegung. Die Weite dieser Bewegung muß so groß sein, daß dadurch das Spectrum um seine ganze Länge vorrückt, daß also das äußerste Blau an die Stelle des äußersten Roth kommt; sie wird durch einen vorläufigen Versuch mit dem hierzu bestimmten Prisma ermittelt und danach richtet sich die Breite der Scheibe *cc* und die Länge der Schiene *ff*. Die Figur zeigt den Apparat in etwa der halben Größe.

Man kann auch die Scheibe *cc*, Fig. 367, auf eine Schwingmaschine, Fig. 368, schrauben und das Prisma auf einer ebenfalls angeschraubten Messingplatte sich drehen lassen, es bedarf keiner oberen Föhrung, wenn es, wie gewöhnlich, nur

kurz ist. Fig. 369, 370 und 371 zeigen einen eigens hierfür gebauten Apparat

Fig. 369.

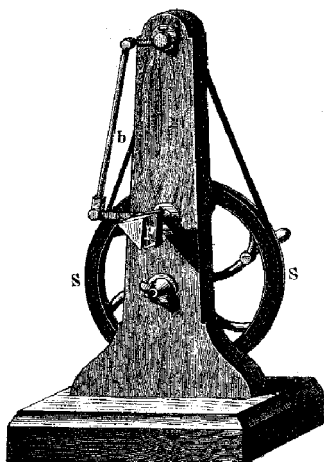

 $\frac{1}{7}$

Fig. 370.

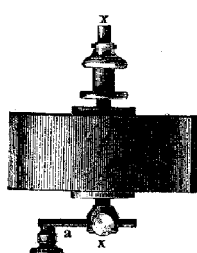
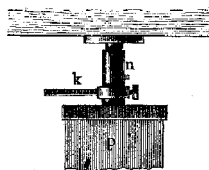


Fig. 371.



in $\frac{1}{7}$ und $\frac{1}{3}$ der wirklichen Größe, der aber leicht an einer Schwingmaschine wie Fig. 237 angebracht werden kann. In dem Kopfe der horizontalen Ase xx (Fig. 370) ist das Stäbchen a verschiebbar und läßt sich darin durch eine Schraube feststellen; an das freie Ende von a wird die kleine Stange b beweglich angebracht, deren anderes Ende an dem Stäbchen k (Fig. 371) eingelenkt ist; letzteres kann mittelst einer Druckschraube in beliebige Stellung an den Stiel n der Fassung des Prismas p befestigt werden. Dieser Stiel selbst ist hohl und steckt auf einem am Gestelle befestigten Stifte. Damit er diesen nicht verlassen kann, geht durch einen Schlitz die Schraube n in den Stift. Durch Verstellung der beiden Arme a und k kann man die Bewegung des Prismas so reguliren, daß das Spectrum sich gerade um seine Länge verschiebt. Die Ase des Schwungrades wird mittelst einer Klügelmutter in einem am Gestelle befindlichen Schlitze festgestellt, um so das Band beliebig spannen zu können.

3) Um zu zeigen, daß Orange, Grün und Violett keine zusammengefügten Farben sind, schneidet man in ein Papier eine Spalte von geringerer Breite, als die zu untersuchende Farbe im Spectrum einnimmt, und läßt sie durch diese auf ein zweites Prisma fallen. Man kann hierzu einen kleinen mit Papier bezogenen Rahmen zureichten.

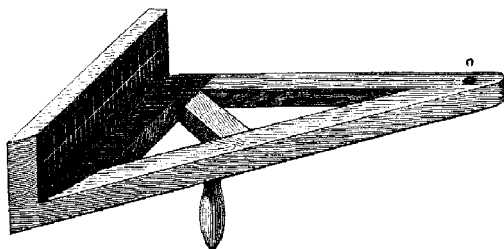
4) Wenn man das Spectrum eines Prismas auf ein zweites fallen läßt, dessen Ase mit jener des ersten einen rechten Winkel macht, so erhält man ein schiefes Spectrum. Wenn dieser allbekannte Versuch schön ausfallen soll, so muß man das zweite Prisma womöglich groß nehmen, und ziemlich nahe zum ersten stellen, so daß es das Spectrum des ersten beinahe ganz auffängt; auch darf man den Schirm nicht zu weit, sondern nur einige Fuß vom zweiten Prisma entfernen.

Auch diesen Versuch kann man so anstellen, daß man ein scharfes wohl begrenztes Spectrum, etwa wie es durch eine Linse mit den Fraunhofer'schen Linien erhalten wird (siehe die folgende Nr. 7), durch ein zweites Prisma in der Entfernung von einigen Fußes betrachtet.

5) Um die Lehre von den Farben der Körper zu erläutern, zieht man Streifen von etwa einen Zoll breitem farbigen Papiere auf anderes auf, um ihnen eine gewisse Steifigkeit zu geben, und hält sie successive in die verschiedenen Farben des Spectrum. Man muß sehr intensive Farben ansuchen; indessen giebt es schon solches Papier, welches in allen anderen als in seiner eigenen Farbe schwarz erscheint, namentlich rothes und blaues Titelpapier der Buchbinder.

6) Um die Brechungs-Exponenten verschiedener Substanzen zu vergleichen, ohne gerade genaue Messungen machen zu wollen, dient am besten ein großes rechtwinkliges Dreieck, wie Fig. 372, das mit seinem Stiele in irgend ein festes Stativ gesteckt werden kann. Die eine Kathete erhält einen aufstehenden, etwa

Fig. 372.



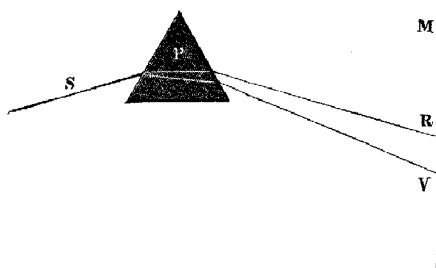
2 Zoll hohen Rand, und eine Theilung in Centimeter. Dem 0 dieser Theilung gegenüber und gerade 1 Meter von derselben entfernt, erhält das Dreieck ein Loch, um irgend ein Prisma dahin zu stecken; vor das Prisma wird ein mehrere Zoll hohes Blech mit einer langen engen Spalte auf das Dreieck befestigt, was in der Zeichnung weggelassen ist.

Richtet man nun mittelst des Heliostats einen horizontalen Sonnenstrahl so auf das Prisma, daß der ungebrochene über dem Prisma durchgehende Theil desselben auf das 0 der Scale fällt, so kann man das Prisma dann so drehen, daß man das Minimum der Ablenkung erhält (s. folgende Nummer), und nun ablesen, bei welchem Theilstriche man z. B. die Mitte des Roth bemerkt. Man erhält dadurch und aus der Entfernung des Prisma von der Scale die Tangente des Ablenkungswinkels — also diesen, und aus diesem und aus dem brechenden Winkel des Prisma berechnet sich der Brechungs-Exponent.

7) Die Fraunhofer'schen Linien. Jedes Prisma, dessen Flächen gehörig eben und dessen Masse homogen ist, kann dazu gebraucht werden, um diese Linien zu zeigen, selbst ein Wasserprisma; allein man kann um so mehr Streifen unterscheiden, je größer die zerstreuernde Kraft der Substanz ist; ganz ausgezeichnet erscheinen sie durch ein mit Schwefelkohlenstoff gefülltes Hohlprisma. Ein wesentlicher Vortheil wird dadurch erlangt, daß man das Prisma in größere Entfernung von der Spalte bringt; doch reicht auch eine Entfernung von 8 bis 10 Fuß schon aus. In jedem Falle stellt man das Prisma so, daß die Kante seines brechenden Winkels mit der Spalte parallel wird und das Minimum der Ablenkung eintritt. Letzteres ist leicht zu erreichen, man hat nur das Prisma um seine Axe langsam zu drehen, und man wird die Stellung sehr bald ausfinden, in welcher das Spectrum am weitesten gegen *M*, Fig. 373 hin zu liegen kommt.

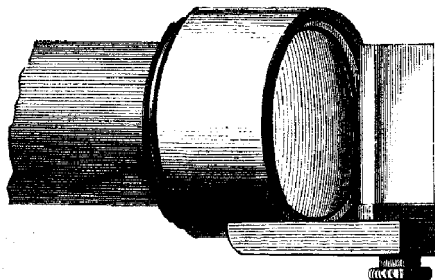
Die Spalte darf nicht wohl über $\frac{1}{4}$ Linie breit sein, sie giebt bei $\frac{1}{10}$ Linie noch Licht genug und die Linien nur desto besser; ihre Höhe aber sollte

Fig. 373.



auf das Objectivende des Fernrohres aufpaßt und an diesen das Prisma so befestigt, daß es um seine vor der Mitte des Objectivs befindliche Axe gedreht

Fig. 374.



10 bis 15 Linien betragen. Gewöhnlich läßt man das Spectrum auf das Objectiv eines Fernrohres fallen, und dieses muß so eingestellt werden, wie es für weit abliegende Gegenstände erforderlich ist, und sein Objectiv kommt dicht hinter das Prisma. Besser ist es, wenn man einen Holzring auf das Objectivende des Fernrohres aufpaßt und an diesen das Prisma so befestigt, daß es um seine vor der Mitte des Objectivs befindliche Axe gedreht werden kann. Wie, hängt von der Fassung des Prisma ab. Wäre dieselbe wie in Fig. 358, so könnte es auf die in Fig. 374 dargestellte Art geschehen. Man erreicht dabei den Vortheil, daß das Prisma vor dem Verrücken oder gar vor dem Umstoßen gesichert ist, was in einem dunklen Zimmer bei vielen

Zuhörern leicht eintreten könnte. Außerdem kann man seine Stellung gegen das Fernrohr genauer reguliren als auf einem besonderen Stativ. Ein achromatisches Fernrohr von 10- bis 20maliger Vergrößerung ist zu den Versuchen vollkommen genügend. Wollte man Messungen machen, so müßte man das Fernrohr eines Winkelinstrumentes anwenden, was seiner Beweglichkeit wegen in jedem Fall vorzuziehen ist. Man stellt dabei das Instrument so, daß das Fernrohr sich in einer horizontalen durch die Spalte gehenden Ebene drehen läßt, setzt das Prisma vor das Objectiv und dreht es für sich und mit dem Fernrohr so lange, bis man an dem Theil des Spectrums, der über das Objectiv hinaus an die entgegenstehende Wand fällt, erkennt, daß das Prisma das Minimum der Ablenkung giebt und das Spectrum mit der Axe des Fernrohres zusammenfällt; die richtige Stellung des Oculars wird man an der Schärfe der Linien bald erkennen; die Spalte darf indessen nie so eng genommen werden, daß sich Längsstreifen im Spectrum zeigen.

Obwohl man auf diese Weise die Linien schärfer und zahlreicher sieht als bei den folgenden, so ist dieselbe für den Unterricht aus einem doppelten Grunde ganz unanwendbar; man verliert nämlich zu viel Zeit, bis Jeder einzeln durch das Fernrohr gesehen hat, und dann sollte Jeder das Fernrohr für seine Sehweite einstellen, was Manchem nur sehr langsam gelingt; auch übersieht man nie das ganze Spectrum zugleich.

Bringt man aber dicht vor dem Prisma eine zweite Spalte an, die dann beträchtlich breiter sein kann als die erstere, so kann man das Spectrum auf einem Rahmen mit Strohpapier auffangen und man sieht wenigstens die stärkeren Linien von freiem Auge, selbst bei einem Prisma aus Crown Glas. Diese zweite Spalte wird auf einem besonderen Brettchen angebracht, das eine größere runde Oeffnung hat und einen Stiel, um es in eines der Stativchen Fig. 332 zu stellen. Man braucht diese Vorrichtung auch bei Biegungsversuchen. Die Spalte selbst ist wie die erste eingerichtet. Noch schöner erhält man die Linien auf einem Schirme, wenn man hinter das Prisma in einer Entfernung von 4 bis 8 Zoll ein Converglas von etwas großer Brennweite (2 bis 4 Fuß), dessen Fassung mit einem in die kleinen öfter erwähnten Stativchen passenden Stiele versehen ist, aufstellt. Der Schirm muß so gestellt werden, daß das Converglas ein deutliches Bild der Spalte darauf geben kann; übrigens findet man diese Stellung an der Schärfe der Linien ohne vorheriges Abmessen durch Probiren sehr schnell; ganz besonders trägt es zum deutlichen Hervortreten der Linien bei, wenn man den Schirm ein wenig hin und her bewegt, weil sich dann die an das Spectrum gebundenen Linien von zufälligen auf dem Papier entstehenden Schatten besser scheiden. Eine zweite Spalte ist dabei nicht nöthig.

Man wird hier immer das Prisma gegen den einfallenden Strahl so stellen, daß das Minimum der Ablenkung erreicht wird; allein man kann auch

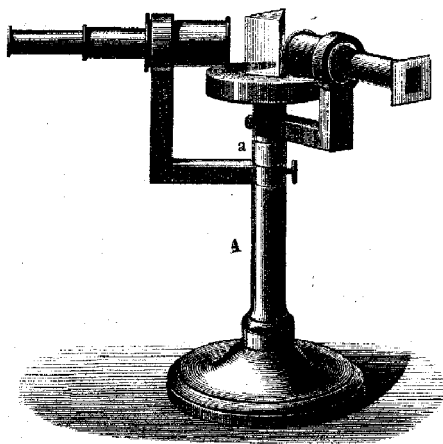
ein größeres oder ein kleineres Spectrum erhalten, wenn man das Prisma ein wenig um seine Axe dreht; natürlich muß dann auch der Schirm verstellt werden. Ganz besonders breit erhält man das Spectrum, wenn man Cylinderlinsen anwendet.

Ein Prisma mit Schwefelkohlenstoff giebt dabei einen überraschenden Anblick, besonders wenn das Converglase achromatisch ist. Man kann das Bild auch auf weißem, statt auf Strohpapier auffangen, allein bei längerem Ansehen leiden hierbei doch die Augen, obwohl die Farben schöner erscheinen.

Selbst mit freiem Auge kann man einzelne der dunklen Linien wahrnehmen, wenigstens die zwei breiten auf der Gränze zwischen Violett und Blau, wenn man eine recht feine Spalte durch ein Prisma in der Entfernung des deutlichen Sehens betrachtet. Statt einer Spalte kann man auch die feine Lichtlinie nehmen, welche eine innen geschwärzte, einige Linien dicke Glasröhre liefert, wenn man sie dem Sonnenlichte aussetzt. Dieser Versuch greift übrigens die Augen etwas an und ist für den Unterricht jedenfalls unbrauchbar.

- 173 **Farbige Flammen.** Um das Licht der im Capitel von der Wärme angeführten farbigen Flammen zu untersuchen, nimmt man am besten den in Fig. 10 abgebildeten Bunsen'schen Gasbrenner und steckt auf denselben einen etwa 2 bis 3 Centimeter langen und 1 bis $1\frac{1}{2}$ Centimeter dicken hohlen Cy-

Fig. 375.



linder aus Bunsen'scher Kohle, der vorher mit einer Lösung des Salzes getränkt und wieder getrocknet wurde. Man erhält so eine sehr intensiv gefärbte Flamme, vor welche man eine Spalte stellt, um ihr Licht durch ein Prisma zu betrachten *). Besser dient hierfür freilich ein Spectrometer, das man sich übrigens aus zwei kleinen gleichen achromatischen Fernröhren, mit 12- bis 20maliger Vergrößerung, und einem guten Prisma

*) Anstatt der Kohlen kann man auch an irgend einem feilischen Gestelle einen Platindrath anbringen, der in die Flamme des Brenners hineintragt und mit der färbenden Substanz bestrichen wird.

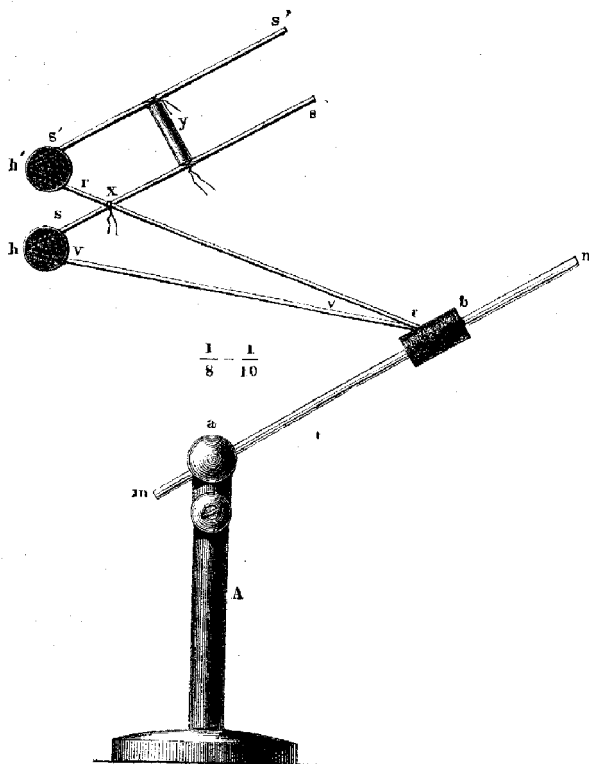
so weit selbst zusammen setzen kann, als es sich weder um Messungen noch um objectivc Darstellungen, sondern nur um das Wesentliche der Erscheinungen handelt. Fig. 375 giebt hierzu Anleitung. Die beiden Fernröhrchen werden in hölzernen Ringen befestigt, welche von dem Ständer *A* getragen werden und sich um einen dünneren Zapfen desselben drehen; damit die Drehung beider unabhängig wird, ist ein Holzring *a* zwischen sie gelegt. Von dem einen Fernröhrchen ist die Ocularröhre weggenommen und eine Platte dafür angefest mit veränderlicher Spalte, welche gerade in den Brennpunkt des Objectivs zu stehen kommt. Auf dem oberen Tischchen stellt man das Prisma auf, und richtet die Stücke so zusammen, daß man durch das zweite Fernrohr das Spectrum deutlich sieht, welches durch eine gewöhnliche, vor die Spalte gestellte Flamme erzeugt wird und dann erst wendet man die gefärbten Flammen an. Wenn Prisma und Fernröhre gut sind, so zeigt die Vorrichtung die Fraunhofer'schen Linien, sowie die den einzelnen Metalldämpfen angehörigen hellen Linien in der Hauptsache deutlich. Die Versuche werden am besten in dunklem Zimmer angestellt.

Der Regenbogen. Zur Erläuterung der Theorie des Regenbogens 174 verwendet man eine gläserne mit Wasser gefüllte Kugel von 2 bis 5 Zoll Durchmesser — die größeren sind überall zu haben, da sie viele Handwerker beim Arbeiten zur Concentration des Lichtes gebrauchen. Es kommt vor Allem darauf an, daß das Glas rein und gleichförmig dick und daß die Kugelform so vollständig als möglich erreicht sei; kleinere Kugeln erfüllen diese Bedingungen eher als große, allein sie sind weniger dazu geeignet, den Weg des Lichtes innerhalb der Kugel sichtbar zu machen; übrigens gelingt der Versuch in der Hauptsache natürlich mit jeder kleinen Thermometerkugel. Die Kugel kann entweder mit ihrem unteren Theil auf ein gestieltes nach ihrer Form ausgedrehtes Scheibchen von Holz mittelst Siegellack aufgefittet werden, um sie in ein Stativ zu stecken, oder sie wird geradezu aufgehängt. Beim Versuche selbst füllt man sie mit ganz schwach getrübttem Wasser, bringt sie in beliebiger Entfernung horizontal der Oeffnung im Heliostat gegenüber und leitet auf die erforderliche Stelle durch eine etwa 2 Linien weite Oeffnung eines gerade vor die Kugel gestellten Schirmes einen Sonnenstrahl. Die Oeffnung am Heliostat kann etwa 4 bis 6 Linien betragen. Man sieht den Weg des Lichtstrahles im Wasser und kann die nach einmaliger Zurückwerfung und zweimaliger Brechung erhaltenen Farben auf einem Schirme auffangen, oder direct nach denselben sehen. Die Reinheit der Farben hängt natürlich von der Reinheit und der Form des Glases ab. Am besten ist es, wenn man den Lichtstrahl seitlich auf die Kugel leitet, so daß die ausfahrenden Strahlen wieder horizontal sind.

Für die Erläuterung der Bogengehalt am Regenbogen ist der in Fig. 376 (a. f. S.) abgebildete von Reusch angegebene Apparat sehr bequem; er besteht aus

dem kugelförmigen Kopfe *a*, der in dem Gestelle *A* mit ziemlicher Reibung sich bewegen läßt und den etwa 3 Linien starken Glasstab *mn* eingekittet trägt. An

Fig. 376.



diesem Glasstabe steckt der dicke Kork *b*, welcher die Stelle des Auges einnimmt und um *mn* drehbar ist, während die beiden nur 1 bis 2 Linien dicken Stäbe *rr*, *vv* in den Kork festgekittet sind. Von diesen Stäben trägt jeder eine kleine hölzerne mit Papier bezogene Scheibe *h*, *h'*, und jede dieser Scheiben einen dünnen Stab *ss*, *s's'*. Die Stäbe *ss*, *s's'* werden weiß, der Stab *rr* roth und *vv* blau angestrichen, sie werden ungefähr in den der Theorie entsprechenden Winkeln eingesteckt und auf die Scheiben *h*, *h'* der Weg der Lichtstrahlen im brechenden Tropfen aufgemalt, so daß *rr* die Verlängerung des rothen, *vv* jene des violetten Strahles ist. Zu besserer Festigkeit werden die Stäbe bei *x* fest verbunden und außerdem durch das leichte hölzerne Stäbchen *y*, an welches sie

mit *D*
b um
die *K*

gen,
nehm
Fenst
sehr g
rothen

ein *Z*
inner
komm

Fig

das *K*
Papie
Versu
im *S*
mit *e*

die *L*
Schar
einen
bigen
auf *r*
Pichte
jenes
welch
so ka
Versu
mend
unbee

mit Faden gebunden sind, in ihrer Lage erhalten. Dreht man nun den Zapfen *b* um den mit *ss, s's'* parallelen Stab *mn*, so beschreiben die Stäbe *vv, rr* die Kegeloberflächen, in welchen die brechenden Tropfen liegen.

Um die **chromatische Abweichung** von Linsengläsern zu zeigen, muß man eine Linse von großer Brennweite — 4 Fuß und darüber — nehmen und im Hintergrunde eines Zimmers auf weißer Wand das Bild eines Fensters auffangen. Man kann dabei die farbigen rothen oder blauen Säume sehr gut sehen, je nachdem man die Linse in die Brennweite der blauen oder rothen Strahlen rückt.

Auch auf folgende Art kann man dieses sehr gut zeigen. Man macht in ein Blech zwei halbkreisförmige Ausschnitte, wie Fig. 377, und nimmt den inneren Durchmesser so groß, daß er das von dem eben erwähnten Converglase kommende Sonnenbild, wo es am kleinsten und schärfsten ist, gerade noch ganz

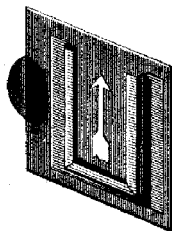
Fig. 377. auffassen kann; das Converglase wird dann senkrecht zu den Sonnenstrahlen in der Oeffnung des Fadens befestigt und das Bild der Sonne mit dem Blech aufgefangen. Auf ein einige Zoll hinter das Blech gehaltenes Papier kommt jetzt kein durch das Glas gegangenes Licht; nähert man aber Blech und Papier mehr dem Glase, so wird das Sonnenbild nicht mehr ganz aufgefangen und



das durch den Ausschnitt gehende Licht ist röthlich; entfernt man Blech und Papier weiter, so erscheint das durch den Spalt gegangene Licht bläulich. Der Versuch würde viel bequemer und besser aufgestellt werden, wenn man die Linse im Heliostat einsetzen könnte; allein dies könnte nur geschehen, wenn der Heliostat mit einem Metallspiegel versehen wäre.

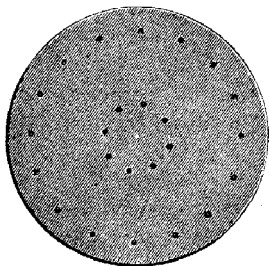
Ein anderer Versuch für denselben Zweck ist folgender. Man bringt in die Oeffnung am Heliostat einen Schieber, wie er in dem Artikel „gefärbte Schatten“ näher beschrieben ist, und klebt auf jedes der beiden farbigen Gläser einen schmalen Streifen schwarzes Papier. Fängt man nun das durch die farbigen Gläser gegangene Licht auf einem Converglase von großer Brennweite auf und nähert dem Glase ein weißes Papier, so wird zuerst das im rothen Lichte befindliche Bild des Streifens deutlich und erst später das blaue, wenn jenes wieder die Schärfe verloren hat. Man bekommt nicht leicht blaues Glas, welches auch nur nahezu rein blaues Licht durchläßt; ist man in diesem Falle, so kann man das leichter gut zu erhaltende grüne Glas anwenden, mit dem der Versuch ebenfalls geht. Auch hier kann man kein von einem Glasspiegel kommendes Licht brauchen und der Versuch muß mit directem Sonnenlichte, also in unbequemer Lage gemacht werden, oder mit schwarzem Spiegel.

Mit Gaslicht läßt sich darum der Versuch noch viel bequemer anstellen, wenn man in einen zu dem Ramine in Fig. 352 passenden Schieber einen Pfeil aussschneidet und neben diesem noch zwei Bleche auflöthet, in welche man ein grünes und ein rothes Glasstück vor den Pfeil schieben kann, die an der Stoßfläche scharf an einander passen; einen solchen Schieber zeigt Fig. 378 in halber Größe. Die Stellungen, wo die obere oder die untere Hälfte des Pfeils deutlich sind, fallen bei nur 2 Fuß Brennweite weit genug auseinander. Der Versuch kann dann auch mit einer achromatischen Linse wiederholt werden.



176 Die Abweichung wegen der Kugelgestalt der Linsen- flächen läßt sich sehr schön zeigen an großen Glaslinsen von beinahe einem Fuß und mehr Breite und nur geringer Brennweite, wie man sie aus früheren Zeiten noch öfter in physikalischen Cabinetten findet. Man macht vor eine solche Linse einen Schirm, wie Fig. 379, mit zwei Reihen etwa linienweiten Löchern, wovon die inneren auf anderen Radien liegen als die äußeren, und läßt Sonnenlicht

Fig. 379.



darauf fallen. Fängt man nun die durchgehenden Strahlen auf weißem Papier auf und entfernt dieses allmählig immer mehr von der Linse, so sieht man, wie die durch die äußeren Löcher kommenden Strahlen nach und nach durch die inneren durchschreiten und sich zu einem Bilde vereinigen, während die durch die inneren Löcher kommenden Strahlen noch einen Kranz um dieses Bild machen; geht man noch weiter, so vereinigen sich zuletzt auch die inneren zum

Bilde und die schon gekreuzten äußeren machen einen Kranz darum, der aber wegen der starken Farbenzerstreuung mit der Entfernung immer mehr aus einem Kranze von kleinen Spectren besteht.

Mit Linsen von geringeren Dimensionen — von nur 4 bis 5 Zoll Breite — kann man aber den Versuch in der eben beschriebenen Weise nicht mehr anstellen. Dagegen kann man auch mit solchen Linsen noch den Unterschied zwischen den Rand- und Mittelstrahlen zeigen, wenn man zwei Schirme hat, einen mit den mittleren und einen mit den äußeren Löchern, und im dunklen Zimmer das Bild einer Lichtflamme auf weißem Schirme das eine Mal mit den äußeren, das andere Mal mit den inneren Löchern deutlich macht; man

wird
erford

Disy
mögen
Weser

Aufg
in fal
Wein
cuma
(Me
reihe
g) P
eine
ander
z. B.
wenn
auf
einem

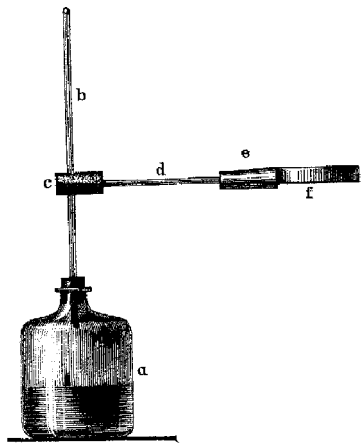
das
ganz

wird immer einen recht deutlichen Unterschied in der für den weißen Schirm erforderlichen Distanz finden.

Fluorescenz. Die Erscheinungen der Fluorescenz oder der inneren 177 Dispersion sind beim physikalischen Unterrichte nicht mehr zu umgehen, und es mögen darum hier einige einfache Versuche angeführt werden, wodurch sich das Wesentliche der Erscheinung darstellen läßt.

Die Substanzen, welche sich dazu eignen, sind folgende. a) Wasseriger Aufguß von Krokastanienrinde — ein paar Stüchchen der Rinde, $\frac{1}{4}$ Stunde in kaltes Wasser gelegt und filtrirt, genügen. b) Blattgrün, Brennaesset mit Weingeist ausgezogen. c) Weingeistige Tinctur von Stechapfelsamen. d) Curcuma-Tinctur. e) Schwachsaure Lösung von schwefelsaurem Chinin in Wasser. (Alle diese Lösungen verderben bald und müssen in der Regel für jede Versuchsreihe frisch bereitet werden.) f) Ein Stück licht gelbgrünes Glas — Uranglas. g) Papierstreifen, zur Hälfte mit solchen Flüssigkeiten bestrichen. Stellt man eine solche Flüssigkeit in die Sonne, so sieht man bis auf geringe Tiefe ein anders gefärbtes Licht in dieselbe eindringen — bei Stechapfelsamen-Tinctur z. B., welche weingelb ist, ein tiefgrünes Licht. Noch besser sieht man dieses, wenn man durch eine Linse von etwa 1 Fuß Brennweite einen Lichtbündel darauf concentrirt. Um diese Versuche bequemer anzustellen, muß die Linse auf einem Gestell befestigt sein. Fig. 380 zeigt ein sehr einfaches allseitig brauch-

Fig. 380.



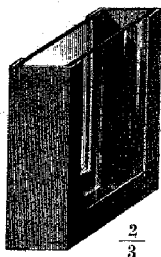
bare Gestell; a ist ein Glas zum Theil mit Sand gefüllt, in welches die Glasröhre b mittelst Kork befestigt ist. An der starken Röhre b verschiebt sich der Kork c mit der Glasröhre d, welche wieder den Kork e trägt, an den der Pappring f geleimt ist, in welchem die Linse durch zwei Drahtringe wie gewöhnlich festgehalten wird.

Man nimmt nun ein Gefäß aus parallelen Glasplatten, wie Fig. 381, wo die Glasplatten in eine Fassung aus Messingblech gekittet sind und füllt es mit Chlorkupferlösung und betrachtet dadurch

das in die Stechapfelloösung eindringende grüne Licht; man sieht so dieses Licht ganz gut, und doch wird es nicht vom grünen Lichte des Spectrums erzeugt,

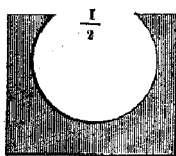
denn es verschwindet, wenn man die Chlorcupferlösung zwischen Linse und Flüssigkeit bringt, wo doch dann nur grünes Licht auffällt; dagegen bleibt dieses

Fig. 381.



Licht, wenn man auf gleiche Weise Kupferoxyd-Ammoniak zwischen Flüssigkeit und Linse bringt, während man das grüne Licht nicht sieht, wenn man dasselbe durch Kupferoxyd-Ammoniak betrachtet. Es ist also grünes Licht durch blaues hervorgebracht. Für ähnliche Versuche muß man nicht nur wässerige, sondern auch geistige Flüssigkeiten anwenden, und man muß daher Gefäße haben, an denen die Glasplatten mit Schellack, und solche, an denen sie mit Hausenblase eingekittet sind. Manche Flüssigkeiten greifen auch Messing an, und es ist daher gut, wenn man sich ganz gläserne Gefäße macht; man erhält dergleichen, wenn man aus einem quadratischen etwa 5 Millimeter dicken Stück Spiegelglas ein Stück ausbohrst, wie Fig. 382, und Spiegelplatten entweder darauf kittet oder durch Messingbänder und Schrauben darauf befestigt.

Fig. 382.



Macht man durch ein Flintglasprisma und eine Linse ein Spectrum mit den Fraunhofer'schen Linien wie in §. 172, Nr. 7, so wird man auf gewöhnlichem Papier kaum noch die Doppelstreifen *H* im Violet sehen; bringt man aber ein mit den angegebenen Flüssigkeiten gefärbtes Papier an die Stelle, so sieht man noch Licht weit über *H* hinaus mit zahllosen Linien. Betrachtet man nun ein solches Papier durch ein zweites Prisma,

wie in §. 72, Nr. 2, so sieht man außer dem schiefen Spectrum noch mehr oder weniger Farben, welche dieselben Linien enthalten, wie das ursprüngliche Spectrum, die Linien gehen aber auch in der ursprünglichen Richtung durch die Farben durch, jede durchsetzt alle Farben. Bringt man eine von den Flüssigkeiten in ein Glas mit parallelen Wänden (die flachen rechteckigen Glasgefäße, die man für Seife u. dergl. auf Waschtischen hat, dienen nothdürftig dazu) und dieses an die Stelle des Papiers, so zeigt dieses dieselben Erscheinungen, nur verschwindet das ursprüngliche Spectrum beinahe ganz, und das neu erzeugte Bild bringt in die Flüssigkeit ein und zwar auf eine immer geringere Tiefe, je weniger es brechbar ist; die schwarzen Linien erscheinen darin wie Scheidewände. Bringt man aber z. B. Chininlösung zwischen Spalte und Prisma, so bleibt nur das gewöhnliche Spectrum übrig, da diese die ultravioletten Strahlen absorbiert; ebenso Schwefelkohlenstoff. Darum kann man auch ein solches Prisma zu den Versuchen nicht brauchen. Am zweckmäßigsten sind für diese Versuche ein Quarzprisma, dessen Kanten senkrecht zur optischen Axe sind, und eine Quarzlinse, deren Hauptaxe parallel mit der optischen Axe ist.

Da die fluorescirenden Substanzen weder viel chemisch wirkende Lichtstrahlen ausstrahlen noch durchlassen, so kann man damit auf weißes Papier unsichtbare Schriftzüge machen, welche sichtbar werden, wenn man das Papier in Copirrahmen wie ein negatives Bild behandelt (siehe Photographie). Ebenso zerstören oder mindern diese Substanzen die Empfindlichkeit der für photographische Versuche präparirten Papiere.

Zu den Versuchen über Phosphorescenz durch Insolation findet man jetzt überall die verschiedenen Leuchtsteine in zuge schmoolenen Glasröhren zu kaufen. Die Darstellung derselben ist zu umständlich, als daß sie hier erörtert werden könnte.

D. Versuche über das Sehen und über einige zusammengesetzte optische Instrumente.

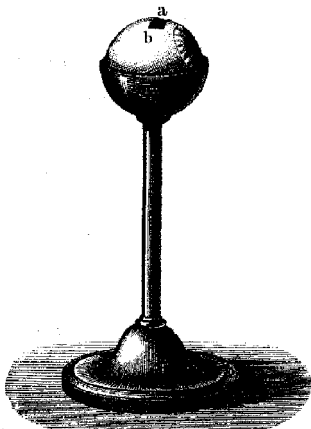
Das Auge. Um das verkehrte verkleinerte Bild nachzuweisen, welches von den Gegenständen entsteht, sowie den Bau des Auges im Allgemeinen, nimmt man ein Auge von einem eben erst getödteten Ochsen und reinigt es mittelst eines spitzigen scharfen Messers mit converger Schneide von dem anhängenden Fette und den Muskelfresten, da die Betrachtung dieser für die Physik nicht erforderlich ist; den Sehnerv läßt man stehen und reinigt ihn ebenfalls. In der Richtung der Axe des Auges wird sodann aus der weißen harten Haut ein etwa zwei Linien hohes und eine bis anderthalb Linien breites Stückchen ausgeschnitten. Man schneidet zuerst mit dem Ballen des Messers ziehend die vier Seiten der Oeffnung, etwa zur Hälfte durch die Dicke der harten Haut, und öffnet sie dann mit der Spitze des Messers vorsichtig an einer Stelle; in die entstandene Oeffnung führt man eine spitzige, aber auch bis an die Spitze gute Scheere ein und vollendet damit den Schnitt ringsum; wenn die Scheere nach der Schneide gebogen ist, so ist es nur um so bequemer. Man lege jetzt das Auge auf ein hölzernes Stativchen, welches oberhalb nach der Form eines Ochsenauges ausgehöhlt ist, so daß das Auge weniger aus seiner Form kommt, und entfernt auch die Aderhaut. Es ist dieses recht wohl ohne Verletzung der Netzhaut möglich, wenn man mittelst einer guten spitzigen Pincette die Aderhaut faßt und dann mit dem Messer in die gefaßte Stelle einschneidet, worauf man das Weitere durch die Scheere vollendet. Die Aderhaut wird dabei nur eingeschnitten und die Reste werden zurückgeschlagen. Es genügt auch, die äußere schwarze Lamelle der Aderhaut zu entfernen, was aber schwieriger ist; doch wird das Bildchen schärfer, da sich die Netzhaut immer etwas in die Oeffnung drängt, besonders wenn das Stativchen nicht die Form des Auges hat.

Hält man nach dieser Vorbereitung eine Kerzenflamme vor das Auge, so sieht man auf der durchscheinenden Stelle des Auges das verkehrte Bild derselben sehr deutlich und scharf begränzt. Besser und schärfer wird das Bildchen, wenn man, nachdem die Rezhaut entfernt ist, ein feines Gläschen, so wie man sie in den Objectschiebern der Mikroskope hat, in die Oeffnung einschiebt und seine Ränder unter die Häute bringt.

Viel leichter kann man den Versuch so anstellen, daß man oben aus dem Auge ein viereckiges Stück ausschneidet und nach Entfernung der Rezhaut ein kleines Gläschen auf die Oeffnung legt. Fig. 383 zeigt ein so zugerichtetes Auge auf dem Stativ.

Eine Lichtflamme oder ein schwarzer Pfeil am Fenster dienen als Objecte. Dieses Verfahren hat nur den Nachtheil, daß jeder Zuhörer einzeln in das Auge sehen muß, um das Bild im Grunde desselben zu erblicken.

Fig. 383.



Im Allgemeinen ist noch zu empfehlen, beim Präpariren des Auges dasselbe auf Wasser schwimmend zu halten, weil so seine Form am wenigsten verändert wird.

Nach diesem Versuche legt man das Auge auf die Hornhaut und erweitert den Schnitt in der harten weißen Haut mit der Schere bis auf etwa eine Linie zu der Hornhaut hin, worauf man ihn in dieser Entfernung kreisförmig um das Auge herumführt. Ist die Schere nicht geknüpft, so muß man beim jedesmaligen Einführen der Spitze dieselbe gegen die harte Haut richten, damit die Aderhaut ganz bleibt. Man faßt nun die harte Haut mit der Pincette, hebt sie auf und löst ihre schwachen Verbindungen mit der Aderhaut mittelst des Messers

ringsum bis an den Sehnerven, den man zuletzt durchschneidet. Es ist nun die Aderhaut beinahe in ihrer ganzen Ausdehnung bloßgelegt. Von den zwei Oeffnungen aus, die bereits darin sind, macht man dann in die Aderhaut mit der Schere ein paar Einschnitte gegen die Hornhaut hin, wobei man aber die Aderhaut stets mit der Pincette in die Höhe hält und die entstandenen Lappen umschlägt; die Rezhaut wird so vollständig bloßgelegt. Zuletzt entfernt man auch diese, indem man sie stellenweise mit der Pincette faßt und bei Seite zieht; nur wenn das Auge ganz frisch ist, hat sie einen merklichen Zusammenhang, gewöhnlich darf man dieselbe nur bei Seite schieben, um den Glaskörper in vollkommener Klarheit zu zeigen. Man sieht jetzt auch die Linse, sowie den wulstigen gefalteten Ring, in welchen die Aderhaut nach vorn endet und in

welcher
tung
man
Glask
hüft,
nach
mente
wärts,
Rande
man i

spige
kamme
bei in
Mess
nun n
Iris
so siche

werde
künstlic
können
oder d
ticalen

das
Balken
keine
und ei
Bild d
das
Streife
einen
sich je
Rezha
ändert
auf de
mehr

welchem die Linsenkapsel befestigt ist; letztere ist für die physikalische Betrachtung des Auges nicht von Wichtigkeit und kann daher ignoriert werden. Faßt man Aderhaut und harte Haut, und hebt daran das Auge auf, so lösen sich Glaskörper und Linse durch ihr eigenes Gewicht, wenn man nur wenig nachhelft, vom Strahlenkörper ab; man läßt sie in ein Schälchen fallen, die Linse nach oben; sie ist dann gewöhnlich von dem hängenbleibenden schwarzen Pigmente umkränzt. Rißt man nun mit der Messerspitze die Linsenkapsel seitwärts, so kommt die Linse leicht aus derselben hervor; sie kann dann mit dem Rande auf eine Spitze gesteckt und wie ein Linsenglas gebraucht werden. Will man ihre blätterige Textur zeigen, so erhärtet man dieselbe in Weingeist.

Ein zweites Auge wird von vorn geöffnet, indem man die scharfe Messerspitze am Rande der Hornhaut einsetzt und dieselbe bis in die vordere Augenkammer vorschiebt, so aber, daß sie vor der Iris eindringt und das Messer dabei in einer mit jener der Iris parallelen Ebene liegt. Beim Zurückziehen des Messers fließt sogleich die wässrige Flüssigkeit ganz aus, und man schneidet nun mit der Scheere die Hornhaut gänzlich weg, um die dahinter befindliche Iris zu zeigen. Wird auch diese an ihrem Rande von der Aderhaut getrennt, so sieht man abermals die Linsenkapsel mit der Linse.

Auf diese Weise muß wohl das Wesentliche des Baues der Augen klar werden; eine solche Demonstration wird aber vorzüglich unterstützt durch ein künstliches Auge in größerem Maßstabe, dessen einzelne Theile zerlegt werden können, wie man diese namentlich aus Paris von vorzüglicher Schönheit erhält, oder durch ein Wachspräparat von etwa 3 Zoll Durchmesser, welches einen verticalen Schnitt durch die Axt des Auges darstellt.

Das Sehen. Um den Versuch des Pater Scheiner, worauf z. B. 179 das Stampfer'sche Optometer beruht, objectiv zu machen, nehme man den Balken, Fig. 347, und stecke einen weißen Schirm am Ende desselben auf; die kleine Lampe, Fig. 349, wird etwa auf $\frac{1}{3}$ der ganzen Länge vom anderen Ende, und ein Converglas so zwischen beide gesteckt, so daß der Schirm ein deutliches Bild der Flamme zeigt. Dieses Bild wird deutlich bleiben, wenn man auch dicht vor das Converglas einen zweiten Schirm aufstellt, aus welchem zwei rechteckige Streifen von 1 Zoll Höhe und $\frac{1}{3}$ Zoll Breite ausgeschnitten sind, die etwa einen halben Zoll von einander abstehen. Der leuchtende Gegenstand befindet sich jetzt in der normalen Weite des deutlichen Sehens für ein Auge, dessen Netzhaut der weiße Schirm und dessen Krystalllinse die Glaslinse vorstellt; verändert man die Entfernung der Lichtlampe, so zeigen sich von derselben sogleich auf dem weißen Schirme zwei Bilder, die um so weiter auseinander rücken, je mehr man die Stellung der Flamme ändert.

180 Ein **Stampfer'sches Optometer** in seiner einfachsten Gestalt läßt sich nun auf folgende Weise sehr leicht herstellen. Man läßt vom Schreiner zwei viereckige hölzerne 15 Zoll lange Röhren machen, wovon die eine in der anderen leicht verschoben werden kann, aber doch gut eingepaßt ist. Die weitere bekommt etwa einen Zoll Seite, und die engere wird ihrer ganzen Länge nach in Zolle und Linien getheilt. Bei A, Fig. 384, wird in die weitere ein Stück-

Fig. 384.



chen Glas eingesetzt, auf welches man ein Stanniolblättchen geklebt hat, worin man zwei Spalten schneidet, die etwa einen halben Zoll hoch, $\frac{1}{5}$ Linie breit und um eben soviel von einander entfernt sind; das eingesteckte Ende der engeren Röhre wird ebenfalls durch ein mit Stanniol überklebtes Glas geschlossen, das jedoch nur eine Spalte erhält; das Ende B aber verschließt man durch ein fein matt geschliffenes Glas, oder auch nur durch ein Stückchen Strohpapier. Wenn die engere Röhre so weit als möglich eingeschoben ist, so muß das O ihrer Theilung noch so weit über die weitere Röhre hervorstehen, als dann die Spalte auf ihrem Glase von den beiden Spalten bei A absteht. Hält man die beiden Röhren gegen das Tageslicht, A dicht vor das Auge, und verschiebt die engere so lange, bis man ihre Spalte durch die beiden Spalten bei A nur einfach sieht, so giebt die Theilung auf B die Weite des deutlichen Sehens für dieses Auge an; man muß aber dabei das Mittel aus den beiden Stellungen nehmen, bei welchen die Spalte aufhört einfach zu erscheinen, wenn man die Röhre weiter hinaus- und weiter hineinschiebt. Noch sicherer ist es, das Auge immer wieder erst nach einiger Ruhe hinein sehen zu lassen und die Stellung zu suchen, wo die Spalte dem nicht accommodirten Auge einfach erscheint. Das Instrument wird auf diese Art ziemlich lang, da es keine Converglinse enthält, wie das Stampfer'sche, ist aber recht wohl brauchbar. Die Brennweite der Linse, welche für die gemessene Sehweite den normalen Zustand herbeiführt, kann, wenn es nöthig wird, berechnet oder auf einer anderen Seite der engeren Röhre eine entsprechende Scale angebracht werden, welche gleich die Brennweite der erforderlichen Linse angiebt, etwa in Wiener Zollen, da doch die Nummern der Brillengläser meistens nach diesen laufen, wo dann die Zollscale der engeren Röhre die gleichen Zolle erhält.

Folgende Tabelle enthält die den fortlaufenden Nummern der im Handel vorkommenden Gläser entsprechenden Sehweiten in Zollen, die normale Sehweite zu 8 Zoll genommen, und kann daher neben der Zollscale der engeren Röhre aufgetragen werden. Will man eine Brille hiernach aussuchen, so muß man doch immer das schwächere Glas, für dessen Nummer die Spalte noch einfach erscheint, annehmen.

Num-
mer.
Conav.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

I
spinc
der Mu

8
b

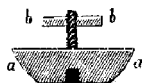
a

man L
80, fit
27 un
man n
Weiß,
nen kö
erhalten
wenn C
soviel C
solcher
und au

Num- mer. Concav.	Schweite.	Num- mer. Concav.	Schweite.	Num- mer. Convex.	Schweite.	Num- mer. Convex.	Schweite.
1	0,88	16	5,33	9	72,00	18	14,40
2	1,66	17	5,44	9 $\frac{1}{4}$	59,20	19	13,81
3	2,18	18	5,54	9 $\frac{1}{2}$	50,66	20	13,33
4	2,66	19	5,63	9 $\frac{3}{4}$	44,57	22	12,57
5	3,07	20	5,71	10	40,00	24	12,00
6	3,43	22	5,87	10 $\frac{1}{2}$	33,60	26	11,55
7	3,73	24	6,00	11	29,33	28	11,10
8	4,00	26	6,12	11 $\frac{1}{2}$	26,28	30	10,90
9	4,23	28	6,22	12	24,00	32	10,66
10	4,44	30	6,31	13	20,80	34	10,46
11	4,63	32	6,40	14	18,66	36	10,28
12	4,80	34	6,48	15	17,14	38	10,13
13	4,95	36	6,54	16	16,00	40	10,00
14	5,09	38	6,61	17	15,11		
15	5,22	40	6,66				

**Dauer des Lichteindrucks im Auge. Die Farben-181
spindel.** Zu diesem Verfuche dient ebenfalls die Schwungradmaschine, und zwar
der Aufsatz, Fig. 385, auf welchen man die mit den erforderlichen Farben be-

Fig. 385. malten Scheiben aus Pappe aufschraubt. Die Scheiben
werden zu $\frac{3}{4}$ bis 1 Fuß Durchmesser genommen und vor
dem Bemalen mit weißem Papier beleimt. Als Farben sind
am besten Indigo, Berlinerblau, Gummigutt und Carmin;



Violet, Grün und Orange werden aus diesen gemischt. Will
man Weiß erhalten, so theilt man die Scheibe in Sektoren, nimmt für Violet
80, für Indigo 40, für Blau 60, für Grün 60, für Gelb 48, für Orange
27 und für Roth 45 Grad und bemalt sie mit den genannten Farben, indem
man nur dünn aufträgt. Die Scheibe wird beim schnellen Drehen schwerlich
Weiß, d. h. Grau geben, allein aus der Färbung, die sie zeigt, wird man erken-
nen können, welche Farbe verstärkt werden muß, um ein erträgliches Grau zu
erhalten. Indigo und Carmin geben auf einer solchen Scheibe ein schönes Violet,
wenn Carmin nur etwa 90 Grade umfaßt; ebenso erhält man mit etwa eben-
soviel Gummigutt und Indigo Grün. Es ist sehr zweckmäßig, das Centrum
solcher Scheiben in einem Durchmesser von etwa 3 Zoll tief schwarz anzustreichen
und auch ihren Rand schwarz einzufassen. Statt die Scheiben zu bemalen, kann

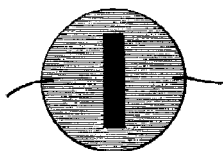
man sie mit bemalten Papieren bekleben; solche Papiere haben die Buchbinder in sehr gefättigten Farben für die Büchertitel. Anderes bemaltes Papier hat gewöhnlich matte Farben und taugt daher für diese Zwecke gar nicht. Einen eigenen Kreisel aus einer Bleiplatte mit eiserner, an der Spitze verstählter Nre hierfür anzuschaffen, nebst einer complicirten Vorrichtung, um ihn bequem in Bewegung setzen zu können, gehört wohl zum Luxus.

- 182 Das Thaumatroop.** An eine Scheibe von Holz oder Pappe von circa zwei Zoll Durchmesser befestigt man diametral gegenüberstehend entweder zwei Bündelchen von je 4 bis 6 leinenen oder seidenen Fäden, oder zwei Messingstifte. Die Scheibe wird beiderseits mit weißem Papiere bezogen, und nun die Theile einer Figur vereinzelt so auf beide Seiten gezeichnet, daß sie sich einander zur ganzen Figur ergänzen würden, wenn die Scheibe durchsichtig wäre. So geben die beiden Figuren 386 und 387 zusammen ein Kreuz; ebenso kann

Fig. 386.



Fig. 387.



man die Buchstaben eines Wortes vertheilen. Man muß indeß einfache und kleine Figuren dazu wählen, die nicht bis an den Rand der Scheibe reichen. Dreht man die Scheiben an den Fäden oder Stiften rasch zwischen den Fingern, so ergänzen sich die einzelnen Theile der Figur und man sieht einen Vogel im Käfig, wenn auf die eine Seite der Käfig, auf die andere der Vogel gezeichnet wurde.

- 183 Die stroboskopischen Scheiben.** Das Princip, wonach die Zeichnung zu fertigen ist, ist einfach und allgemein bekannt. Man theilt nämlich die Zeit, welche zu einer vollständigen Bewegung der Maschine, der Figur, erforderlich ist, in so viel gleiche Theile, als die Scheibe, Fig. 388, am Rande Oeffnungen hat, und zeichnet die Figur in demjenigen Zustande, in welchem sie in jedem dieser Zeitpunkte sich befinden muß, unter die Oeffnung. Werden mehrere Zeichnungen vervfertigt, so werden dazu um die Breite der Oeffnungen kleinere Scheiben genommen und diese dann nur auf die erste große Scheibe befestigt; gewöhnlich sind die kleineren Scheiben auf beiden Seiten mit solchen Figuren versehen. Am einfachsten kann man eine solche Scheibe auf die in Fig. 389 dargestellte Art in Drehung versetzen. Der Messingdraht *abc* von etwa $1\frac{1}{2}$ Linien Dicke ist oberhalb etwas platt geschlagen, und gegen diese

Fläche
Dicke,

Löchern
der höl-
mäßig
ist an
befestigt
letztete
wird.
sie an
Plausp
Oeffnung
man b
Handst
2
an der
u. Fig.
entbeh

Fläche zweimal rechtwinklig gebogen. Der glatte Eisendraht *de* hat gerade die Dicke, daß er sich in den beiden durch den Messingdraht bei *m* und *n* gebohrten

Fig. 388.

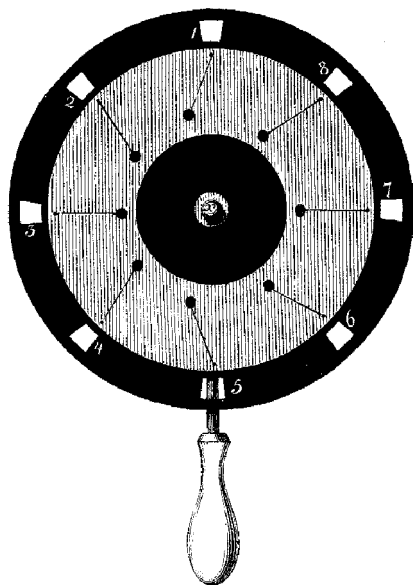
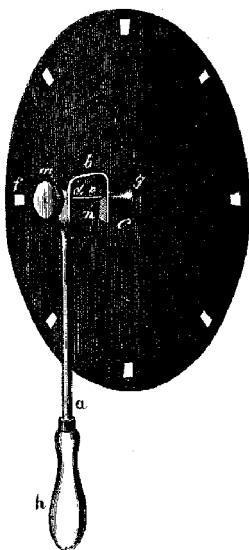


Fig. 389.



Vöchern leicht drehen kann; er ist einerseits vierkantig gefeilt und darauf wird der hölzerne Knopf *f* gesteckt, andererseits hat er eine Schraube mit verhältnißmäßig grobem Gewinde bis dicht an den Messingdraht; der hölzerne Knopf *g* ist an den Draht geschraubt. An diesen Draht steckt man die Pappscheiben und befestigt sie gegen den Knopf *g* durch eine messingene Mutter *x*, Fig. 388; letztere kann nicht wohl von Holz gemacht werden, da sie oft auf- und zuge dreht wird. An dem Knopfe *f* kann man die Scheiben beliebig drehen, während man sie an dem Handgriffe *h* in einer Entfernung von 2 bis 3 Fuß gegen einen Plauspiegel hält; das Auge wird dicht hinter die Scheibe gebracht, so daß die Oeffnungen vor demselben vorübergehen. Die passendste Geschwindigkeit wird man bald ausfinden. Uebrigens bekommt man dergleichen Apparate in solchen Handlungen, welche sogenannte Nürnberger Waaren haben.

Wenn man die Scheibe mit den Figuren jener mit den Vöchern gegenüber an derselben Axe, welche für die Lager Einschnitte hat, befestigt, wie Fig. 390 u. Fig. 391 (a. f. S.), letztere in größerem Maßstabe, zeigen, so kann man den Spiegel entbehren und es können auch Mehrere zugleich den Versuch machen. Noch besser

sehen Mehrere zugleich, wenn man die Löcher nahe an das obere Ende eines oben offenen hohlen Cylinders schneidet und die Figuren unter die Löcher auf die

Fig. 390.

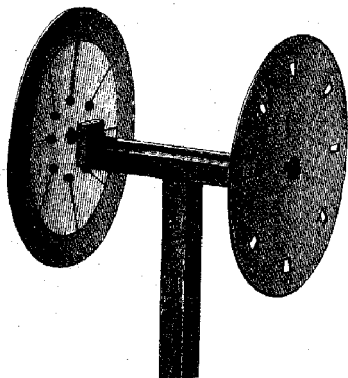
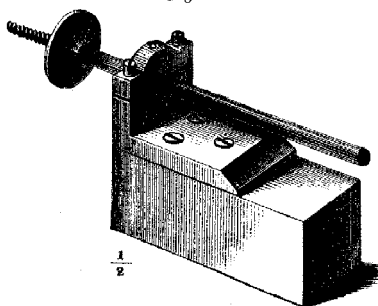


Fig. 391.



vielmehr deren Wirkung sich dadurch erklärt; denn zur Demonstration des einfachen Factums sind sie meist zu complicirt, wie z. B. das Anorthoskop.

- 184 **Subjective Farben.** Zu den Versuchen, bei denen man stark gefärbte Papiere auf weißen Grund legt, um sie in scharfer Beleuchtung anzusehen und dann zu entfernen, taugen am besten die schon erwähnten Titelpapiere der Buchbinder. Man schneidet daraus beliebige Figuren, z. B. Kreuze, legt diese unter starker Beleuchtung auf weißes Papier und zieht sie, nachdem sie etwa $1\frac{1}{2}$ Minute unüberwandt angesehen wurden, mittelst eines daran geklebten Fadens plötzlich weg. Allein es giebt noch ein anderes Verfahren, das wohl leichter ausführbar ist. Man klebt nämlich auf ein Stückchen gefärbtes Glas von

innere Cylinderwand zeichnet. Ein schöner Versuch mit den strobo-
stopischen Scheiben ist auch folgen-
der, bei welchem ebenfalls mehrere
Anstehende, wenn auch nicht gerade
ein ganzes Auditorium die Er-
scheinung sehen können. Am Helio-
stat macht man eine Oeffnung
kleiner als die Oeffnungen in der
Scheibe und hält oder befestigt
diese mit der Rückseite, so daß sich
die Oeffnungen vor der Oeffnung
am Heliostat vorbei bewegen, das
Licht läßt man auf einen Hohl-
spiegel fallen, der in solcher Ent-
fernung aufgestellt ist, daß die
Lichtstrahlen nach der Durchschnei-
dung gerade die ganze bemalte
Scheibe erleuchten, worauf man
die Scheibe dreht. Daß der Ver-
such im dunkeln Zimmer gemacht
wird, braucht nur erwähnt zu
werden.

Es giebt allerdings noch
mehrere ähnliche Vorrichtungen,
um die Fortdauer des Lichtein-
drucks im Auge zu zeigen, ober

reiner
Streifen
Glas,
des G
und di
doch d
so erhe
ses; w
das rei
täre F
Subjec
trachtet
trachtet
die Bi
Versuch
Wand
U
gleich z
mäßige
Ansicht
punktir
Nahme
etwa e
hindert
gefertig
Nuth k
Z
Loche n
oberen
ziehen
der rü
anderes
wie Fi
Ausseh
große
wird u
den vor
man h
rechtick
Z

reiner Farbe ein etwa 1 Millimeter breites und 1 bis 2 Centimeter langes Streifchen von weißem Papier; sieht man nun gegen das Tageslicht durch das Glas, so erscheint das weiße Streifchen in der complementären Farbe zu jener des Glases. Diese tritt noch stärker hervor, wenn man von recht weißem und dünnem Papier ein mit dem Glase gleich großes Stück hinter dieses hält; doch ändert sich die Art der Farbe dabei gewöhnlich. Ueberhaupt sind die so erhaltenen complementären Farben zwar complementär zur Farbe des Glases; weil aber die durch z. B. blaues Glas gehenden Strahlen auch nicht das reine Blau des Spectrums sind, so kann die dabei entstehende complementäre Farbe auch nicht jene sein, welche dem Blau des Spectrums entspricht. Subjective Färbung zeigt auch jede Gegend, die man mit bloßem Auge betrachtet, nachdem man sie vorher eine Zeit lang durch ein gefärbtes Glas betrachtet hat; sowie man auch ganz gut subjective Farben erhält, wenn man die Bilder der zwei Oeffnungen des im folgenden Paragraphen beschriebenen Versuchs eine Zeit lang anschaut und dann eine andere Stelle der weißen Wand betrachtet.

Um die Erscheinung der subjectiven Farben einem ganzen Auditorium zugleich zur Anschauung zu bringen, hat Rürtemberg folgenden ungemein zweckmäßigen und einfachen Apparat angegeben, den Fig. 392 (a. f. S.) in vorderer Ansicht, Fig. 393 von der Seite und Fig. 394 in einem nach der in Fig. 392 punktirten Linie geführten Schnitte zeigen. Er besteht aus einem hölzernen Rahmen, der in der unteren Hälfte doppelt ist; jeder Rahmen hat eine Ruth von etwa einer Linie Breite und Tiefe. Die Ruth im ganzen Rahmen geht ungehindert durch die Leisten *aa*, *cc* ganz herunter, so daß der aus dünner Pappe gefertigte und mit weißem Papier überzogene Schieber Fig. 394 frei durch die Ruth herunterfallen kann.

Der Schieber ist nur so groß, daß, wenn er mittelst eines Stiftes in dem Loche *m* aufgehalten ist, kein Theil desselben über die Leiste *aa* herabragt; den oberen freien Theil des Rahmens kann man, wenn man will, mit Papier überziehen und so den Schieber ganz verstecken. In den unteren hinteren Rahmen, der rückwärts durch ein dünnes Brettchen *bd* geschlossen ist, passen glatt auf anderes Papier aufgespannte farbige Papiere mit einem rechteckigen Ausschnitte, wie Fig. 396, so, daß, wenn sie in die hintere Ruth gesteckt sind, der rechteckige Ausschnitt die Mitte des unteren Feldes einnimmt; *n* ist eine etwa 4 bis 5 Linien große schwarze Kugel, welche mittelst eines Drahtes in der Leiste *aa* befestigt wird und die Mitte des unteren Feldes einnimmt. Die Papiere, Fig. 396, werden von möglichst gesättigter Farbe — matt oder glänzend — ausgewählt und man hat davon noch kleinere Stücke, welche, hinter die großen geschoben, den rechteckigen Ausschnitt der letzteren ausfüllen.

Beim Versuche schiebt man nun zwei verschiedenfarbige Papiere in den

unteren hinteren Rahmen, so daß man also z. B. ein rothes Feld und darin ein grünes Rechteck hat, hängt den Rahmen an eine wohl beleuchtete Wand —
Fig. 392.

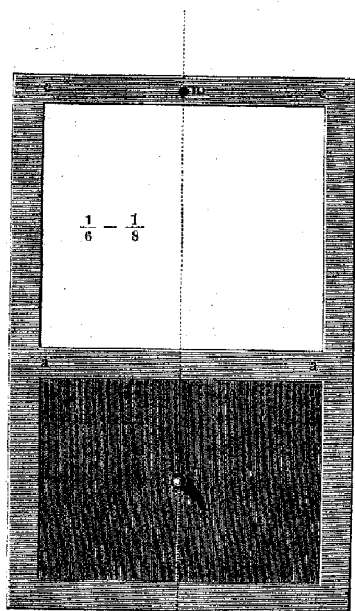


Fig. 395.

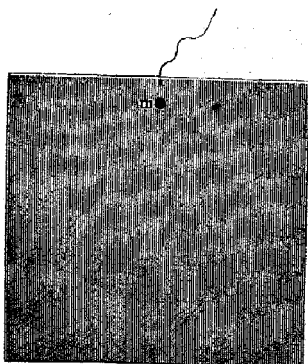


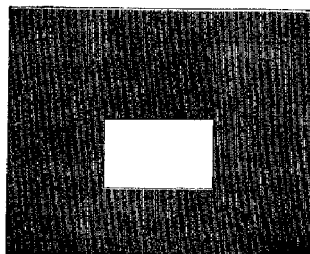
Fig. 393.



Fig. 394.



Fig. 396.



einem
befindl
bei m
befinde
hörr
halben
unter

folgend
Schieb
messer
wird
dieser
Wand
deckte
wenige
kann
leicht
tem S
diesem
so über
erhält
nung

mit be
ein ein
gen w
eines
sondere
Sehr
plemen
sieht.
auch
deutlich
anbrin
einige
bald.
mer an

Br

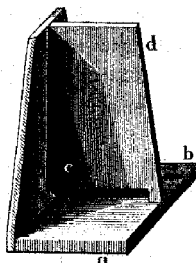
einem Fenster gegenüber, Sonnenlicht ist nicht nöthig —, zieht an dem daran befindlichen Faden den Schieber, Fig. 392, in die Höhe und befestigt ihn oben bei *m* durch einen Draht, an welchem eine 1 bis 2 Klafter lange Schnur sich befindet; so weit oder weiter entfernt man sich nun vom Rahmen, läßt die Zuhörer den schwarzen Punkt *n* unverrückt ansehen und zieht nach etwa einer halben Minute den Draht mittelst der Schnur aus. Der Schieber fällt herunter und erscheint nun in der zum Papiere complementären Farbe.

Gefärbte Schatten. Diese Erscheinung kann man ausgezeichnet auf 185 folgende Art erhalten. In die Oeffnung des Heliostats macht man einen Schieber, in den man zwei Löcher bohrt, die etwa einen halben Zoll Durchmesser haben und deren Ränder 2 bis 4 Linien von einander abstehen; die eine wird mit rothem, die andere mit blauem Glase bedeckt. Die Sonnenbilder dieser Oeffnungen fängt man 10 bis 20 Fuß vom Heliostat auf einer weißen Wand auf, auf welcher sie sich dann größtentheils überdecken, wodurch die überdeckte Stelle, je nach der Beschaffenheit der Farbe der Gläser, eine mehr oder weniger weißliche Färbung erhält. Ueberdecken sich die Bilder nicht genug, so kann man die Entfernung der Wand durch Reflexion von einem Planspiegel leicht verdoppeln. In die sich kreuzenden Lichtbündel stellt man auf geeignetem Stativ einen dünnen Stift von Holz (Bleistift) auf, und erhält nun von diesem einen rothen und blauen Schatten. Ist der Bleistift näher an der Wand, so überdecken sich die Schatten zum Theil zu einem schwarzen Schatten; ebenso erhält man einen schwarzen Schatten, wenn man die eine oder andere Oeffnung bedeckt.

Das Stereoskop. Für den Unterricht über die Lehre vom Sehen 186 mit beiden Augen bedarf man außer einem Würfel von etwa einem Zoll Seite ein einfaches Wheatstone'sches Stereoskop, was man der zugehörigen Zeichnungen wegen wohl immer kaufen wird. Ueberraschender ist freilich die Wirkung eines Brewster'schen Stereoskops, wie man sie jetzt gewöhnlich überall sieht, besonders wenn Daguerreotypen oder Photographien dazu verwendet werden. Sehr zweckmäßig ist es auch, ein Bild zu haben, dessen beide Theile mit complementären Farben bemalt sind, da man durch das Stereoskop die Figur weiß sieht. Solche für das Brewster'sche Stereoskop bestimmte Bilder kann man auch mit bloßen Augen schön rund sehen, wenn man sie in die Weite des deutlichen Sehens bringt und zwischen beide Augen irgend eine Scheidewand so anbringt, daß man mit jedem Auge nur ein Bild sieht. Es vergeht wohl einige Zeit, bis beide Bilder sich in eines vereinigen, allein es macht sich doch bald. Fig. 394 (a. f. S.) zeigt eine kleine Vorrichtung, um die Bilder bequemer auf diese Weise betrachten zu können. Die Bilder kommen auf das Brett-

den $a b$; $c d$ ist die Scheidewand, deren Höhe sich nach der Weite des deutlichen Sehens richtet; die Rückwand dient nur zur Befestigung der Scheidewand. Ob-

Fig. 394.



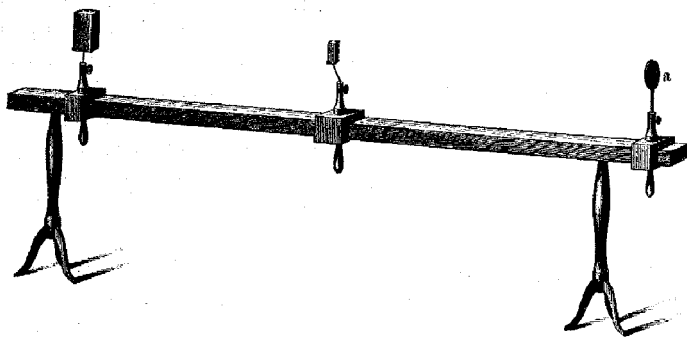
187

wohl bei einem Brewster'schen Stereoskop die Köhren mit den beiden Einsenhälften etwas verschiebbar sind, so reicht dieses doch nicht für alle Sehweiten aus, und es vergeht darum auch anfänglich bei einem solchen Instrumente einige Zeit, bis man die Bilder gehörig rund sieht.

Augenmaass. Die Beurtheilung der Ent-

fernung der Körper und der Beschaffenheit des Bildes und das Sehen mit beiden Augen kann sehr gut erläutert werden, wenn man auf dem langen Balken zwei ähnliche Körper und einen Schirm mit kleiner Oeffnung so anbringt, daß die Entfernungen vom Schirm den Größen proportional sind, wie in Fig. 395. Man nimmt am

Fig. 395.



besten dazu zwei ähnliche Parallelepipede aus Holz und stellt sie so, daß, wenn man durch die Oeffnung a sieht, das größere von dem kleineren der Höhe nach ganz, aber in der Quere nur halb bedeckt wird. Da das größere weiter entfernt, also für das Auge schwächer beleuchtet ist, so erscheinen sie zusammen als ein Prisma, dessen Kante gegen das Auge gerichtet ist. Bringt man aber das Auge seitwärts, so daß man beide Prismen einzeln sieht, so erscheint sogleich das größere wieder wirklich größer, da man aus der Beschaffenheit des Bildes auf seine größere Entfernung schließt, auch ohne daß man beide Augen gebraucht.

Wie viel das Sehen mit beiden Augen beiträgt, um die Entfernung besonders der näheren Objecte zu schätzen, zeigt man am einfachsten dadurch, daß man einen etwa 1 Zoll weiten Ring an der Decke aufhängt und es nun ver-

suchen
von
holten

wenn
Zimm
unmi
die I
lugel
hat.
frequ
liegt.
man
verke
verm
uns
mer
der
gleich
gehen
Glas
und

man

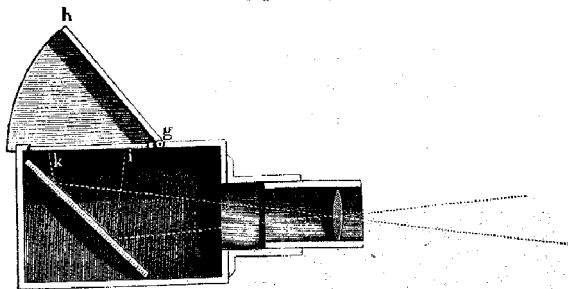
fuchen läßt, bei verschlossenem einen Auge einen hakenförmig gebogenen Draht von der Seite her in den Ring zu hängen; es gelingt dieses nur nach wiederholten Versuchen, während es, wenn beide Augen offen sind, nie fehlt.

Camera obscura. Eine überraschend schöne Wirkung erhält man, 188 wenn man in den nach einem frequenten Blase gerichteten Laden eines dunklen Zimmers eine Convergenzlinse von 4 bis 6 Fuß Brennweite einsetzt, und das Bild unmittelbar auf einer großen weißen Tafel auffängt. Man muß dabei freilich die Tafel theils nach der Entfernung der Gegenstände verrücken, theils nach der kugelförmigen Ausbreitung des Bildes, wenn dieses eine zu große Ausdehnung hat. Es ist daher dieses besonders da zu empfehlen, wo die Aussicht auf einen frequenten kleineren Platz gegeben ist, der schon 200 bis 300 Schritte entfernt liegt. In dieser Form kostet eigentlich die Camera obscura gar nichts, da man beide Stücke zu mancherlei andern Zwecken braucht. Die Bilder sind verkehrt, was bei den gewöhnlichen Einrichtungen durch den Spiegel insofern vermittelt wird, als das Bild wenigstens liegend erscheint, die Fußseite gegen uns gekehrt, was wir durch lange Gewohnheit im Betrachten von Bildern immer für aufrecht nehmen. Man kann aber auch vollständig aufrechte Bilder in der Camera obscura auf mattem Glase erhalten, wenn man die Strahlen gleich unmittelbar hinter der Linse durch ein rechtwinkliges großes Glasprisma gehen läßt, wie es Fig. 396 für den Fall zeigt, wo das Object näher am Glase liegt als das Bild; allein Prismen der Art von reinem Glase sind theuer, und es bleibt doch immer nur Spielerei.

Fig. 396.



Fig. 397.



Eine Camera obscura gewöhnlicher Art, wie sie Fig. 397 zeigt, kann man sich übrigens leicht selbst machen, indem man vorn an dem hölzernen Kasten

hen, dessen Länge sich nach der Brennweite des Glases richtet, eine kurze Röhre aus Pappe anbringt, in welcher sich eine zweite Pappröhre verschieben läßt, die das Converglase enthält. Der Spiegel macht mit der Ase des Kästchens einen Winkel von 45° und es wird ein guter Glaspiegel dazu ausgesucht. Das matte Glas wird von einem Spiegel genommen und mit einem zweiten Stücke Spiegelglas und feinem Smirgel mattgerieben. Für den Fall, daß man diese Einrichtung zum Nachzeichnen verwenden will, ist es gut, den Deckel *gh* noch mit seitlichen Anhängen zu versehen, das matte Glas mit einer Spiegelscheibe zu vertauschen, auf diese mittelst etwas Wachs Strohpapier zu befestigen und auf dieses zu zeichnen.

Es giebt nicht selten alte von Brander in Augsburg verfertigte und auch beschriebene Instrumente der Art, die, wie die Instrumente jener Zeit häufig, auch für die Praxis Universalinstrumente sein sollen; sie sind aber für die Praxis gar nichts. Für den Unterricht sind sie jedoch sehr wohl zu gebrauchen, indem man den Spiegel entfernen und das matte Glas auch in die Rückwand einsetzen kann. Sie haben ferner in dem Deckel *gh*, Fig. 397, eine Ocularröhre mit einem zweiten Converglase, wodurch man das Bild vergrößert betrachtet und also sehr bequem die Theorie des astronomischen Fernrohrs daran erläutern kann. Eben so bequem dienen sie zur Erläuterung der Theorie des zusammengesetzten Mikroskops und können sogar als Sonnenmikroskop gebraucht werden, sind also zur gelegentlichen Erwerbung für Anstalten, wo man über wenige Mittel zu gebieten hat, sehr zu empfehlen.

189 **Das Sonnenmikroskop.** Da dasselbe zu eigentlich mikroskopischen Untersuchungen nicht geeignet ist, so wäre es unzuweckmäßig, größere Auslagen dafür zu machen, wenn man nicht über bedeutende Mittel zu gebieten hat. Aber zur Unterhaltung und zur Belehrung über die Wirkung der Einsenggläser ist dasselbe sehr wohl geeignet und kann auch leicht an dem ohnehin unentbehrlichen Heliostat angebracht werden. Die Oeffnung des letzteren ist entweder mit einer Schraube oder einer kurzen Röhre versehen; im ersten Falle wird ein breites Converglase von 4 bis 6 Zoll Brennweite in eine hölzerne Fassung *a b*, Fig. 398, gebracht, und an diese eine Röhre aus Pappe *m m m* befestigt,

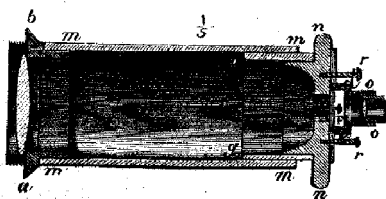
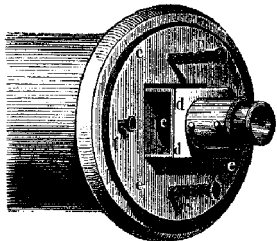


Fig. 398.

deren Länge etwa einen Zoll weniger beträgt als die Brennweite des Glases. Hat der Heliostat keine Schraube, sondern eine kurze Röhre, so befestigt man das Converglase unmittelbar in die Pappröhre *m m*, indem man noch einen Ring von Pappe etwa $\frac{1}{4}$

Holl vom Ende leimt, auf diesen das Glas legt und dieses, wie in der hölzernen Fassung, durch einen vorgelegten Drahttring befestigt; diese Röhre muß dann in jene am Helioſtat paſſen. In die Röhre *mm* muß eine zweite *gg* paſſen (von alten Fernröhren beſtimmt man leicht ſolche Röhren), in welcher die hölzerne Faſſung *nn* ſteckt, die in Fig. 399 in größerem Maßſtabe dargeſtellt iſt. Sie hat in der Mitte eine Oeffnung *c* und über dieſer das zweimal rechtwinklig gebogene Blech *dd*, auch dieſes hat in der Mitte eine Oeffnung und trägt die kurze Röhre *oo*. Letztere muß ſo weit ſein, daß man die Objectivlinſen hineinstecken kann. Da man nämlich doch darauf ſehen muß, ein gutes zuſammengeſetztes Mikroskop zu erhalten, ſo nimmt man die achromatiſchen Linſen deſſelben und fertigt kurze

Fig. 399.



Röhrchen aus Pappe, in welche man die Faſſung der Linſen einſchrauben kann; ſie halten hinreichend feſt darin ohne hölzerne oder meſſingene Fütterung. Dieſe Röhrchen nun müſſen in die Röhre *oo* paſſen und ſich biß auf den Grund deſſelben ſchieben laſſen; eß iſt ſogar zweckmäßig, wenn die Oeffnung im Bleche *dd* ſo weit iſt als die Röhre *oo*. Alle inneren Theile ſind mit Luſche ſchwarz anzustreichen. Ueber das Blech *dd* wird eine Platte *ee* mit quadratiſchem Ausſchnitte geſtreift; ſie hat zwei Knöpfe *f*, um ſie bequem faſſen zu können, und außerdem zwei Löcher, durch welche die Schrauben *rr* in die Faſſung *nn* geſchraubt ſind; um dieſe Schrauben liegen zwei Spiralfedern aus hart gezogenem Meſſingdraht (Klavierſaiten), welche die Platte *ee* gegen die hölzerne Faſſung drücken. Die zu vergrößern Gegenſtände werden in paſſender Faſſung zwiſchen die Platte *ee* und die Faſſung *nn* gebracht.

Beim Gebrauche muß man das Zimmer recht dunkel machen und die Bilder entweder auf eine ebene gegenüberſtehende weiße Wand werfen, oder dazu einen großen Rahmen mit weißem Papiere beziehen; letzteres iſt vorzuziehen, da man dann die Bilder in verſchiedener Entfernung auffangen kann. Trockene Gegenſtände werden in den gewöhnlichen Objectenſchiebern eingebracht; Flüſſigkeiten aber als Tropfen auf einem Stückchen Spiegelglas, oder für die meiſten Fälle beſſer in einem hölzernen Schieber, in welchem zwei Plättchen von dünnem Spiegelglase, welche etwa 1 biß 3 Millimeter Abſtand haben, eine Art von kleinem Troge bilden. Die Röhre *gg* wird ſoweit in *mm* geſchoben, daß trockene und todtte Gegenſtände im Brennpunkte der Beleuchtungſlinſe ſtehen; für lebende Gegenſtände oder Flüſſigkeiten muß man auf eine ſo ſtarke Beleuchtung verzichten, weil die Hitze hinderlich würde, und daher die Röhre

gg tiefer einschieben. Die Linse ist leicht in die der weißen Wand entsprechende Entfernung vom Gegenstande zu bringen.

190 **Das zusammengesetzte Mikroskop *).** Bei dem Ankaufe eines solchen Instrumentes muß man durchaus darauf sehen, ein gutes zu kaufen. Für den bloßen Zweck des Unterrichtes in der Naturlehre würde man im Allgemeinen allerdings auch mit einem ziemlich geringen Mikroskope ausreichen; allein zur eigenen Fortbildung bedarf der Physiker sehr oft eines guten Instrumentes und an Anstalten, wo die Mittel nicht gestatten, den Lehrer der Naturgeschichte mit einem eigenen Instrumente zu versehen, muß auch auf ihn Rücksicht genommen werden.

Kauft man daher neu, so muß man sich an einen Mann von begründetem Rufe wenden, und in dieser Beziehung ist Oberhäuser (Hartnack) in Paris zu empfehlen, da seine Instrumente im Verhältniß zu ihrer Leistung die billigsten sind. Manchmal kann man gelegentlich ein Mikroskop kaufen; allein in solchem Falle sei man nicht zu voreilig und betrachte vor Allem einen Gegenstand durch dasselbe, den man schon öfter unter anderen Mikroskopen, deren Preise man kennt, gesehen hat. Selbst diesem ist aber nicht immer zu trauen, da die Erinnerung leicht täuscht, und nur unmittelbare Vergleichung mit einem aus guter Werkstätte bezogenen Instrumente läßt ein sicheres Urtheil über den Werth eines anderen zu. Als Objecte für solche Vergleichung sind die Schuppen von *Bombix Mori* oder von *Lepisma saccharinum*, besonders aber letztere, dann für sehr gute Instrumente von Hipparchia Janira sem. zu wählen. Man lasse sich ja nicht durch Objecte täuschen, die der Verkäufer mit vorlegt; denn wenn diese sehr schön präparirt sind, kann man sich über die Wirkung des Instrumentes arg täuschen. Eine Mikrometerseale von Robert in Greifswalde ist als Object zur Untersuchung der Güte eines Mikroskops wohl brauchbar, da sie 10 Gruppen von je 10 Linien enthält und man nun untersuchen kann, bis zur wievielten Gruppe die einzelnen Linien durch das Instrument unterschieben werden können, wobei allerdings, wie bei dem Mikroskop überhaupt, viel von der Stellung des Spiegels abhängt und von der Tiefe der Linien, die nicht auf allen Scalen gleich sein können, sowie auch die Theilungen nicht auf allen Täfelchen gleich weit sind. Ein solches Mikrometer ist aber theuer, und für Vergrößerungen unter 100 **) nicht mehr wohl brauchbar, indem schon bei der ersten Scale die Pariser Linie in 1000 Theile getheilt ist. Bei der Beurtheilung eines Mikroskops kommt es aber außer der Vergrößerung und

*) Die Art, wie die Theorie des Mikroskops erläutert wird, soll unter dem Artikel Fernrohr abgehandelt werden.

**) Nach Robert unter 72.

der Klarheit und Schärfe der Bilder auch noch auf die Größe des Sehfeldes an, und man muß bei der Vergleichung zweier Instrumente nie versäumen, darauf Rücksicht zu nehmen.

Die optische Wirkung ist immer die Hauptsache, allein der Preis richtet sich auch nach der äußeren Ausrüstung. In dieser Beziehung muß man darauf sehen, ob entweder der Körper des Instruments, oder der Objecttisch eine sichere Bewegung, bei stark vergrößernden Instrumenten mittelst einer Mikrometerschraube, haben. Ferner ist darauf zu sehen, ob die Objecte nicht nur von unten durch den Spiegel, sondern auch von oben beleuchtet werden können, und zwar durch eine seitliche Convexlinse, und nicht durch den Lieberkühn'schen Spiegel, der bei weitem weniger werth ist, und darauf, ob ein Ocularmikrometer vorhanden sei, oder ein Objectivmikrometer auf Glas, oder ein Schraubenmikrometer; für den gewöhnlichen Gebrauch ist ein Ocularmikrometer sehr bequem, nur müssen die Vergrößerungen der Objective dann bekannt sein; Objectivmikrometer sind für die Bestimmungen der Vergrößerungen zwar noch bequemer, allein die feinen Theilstriche derselben beschmutzen sich beim Gebrauche mit verschiedenen Objecten bald und verlieren ihre Durchsichtigkeit; Schraubenmikrometer sind nicht bei allen Gegenständen anwendbar, können aber die größte Genauigkeit geben. Endlich muß das Instrument einen festen Stand und ein passendes Futteral haben. Ist es auch zum horizontalen Gebrauch eingerichtet, so bietet es eine Bequemlichkeit mehr. All dieses und noch mehr die vielen kleinen, aber meist gänzlich unnötigen Apparate, die man bei Mikroskopen findet, kommen erst in zweiter Linie in Betracht, haben aber auf den Preis einen bedeutenden Einfluß und erhöhen die Brauchbarkeit wesentlich.

Die Wirkung eines Mikroskops wird bedeutend erhöht, wenn der Objecttisch eine nur wenig größere Oeffnung hat, als das Sehfeld beträgt. Da aber dieses nach den Vergrößerungen wechselt, und der Objectträger für manche specielle Zwecke auch einer weiteren Oeffnung bedarf, so muß man im Stande sein, Blendungen mit verschiedenen nach unten sich erweiternden Oeffnungen in denselben einzulegen. Sind diese nicht schon vorhanden, so lassen sie sich leicht machen; es ist dabei nur zu bemerken, daß der Rand der Oeffnung dünn auslaufen, aber glatt ausgebohrt sein muß, auch muß derselbe, sowie die obere ganze Fläche geschwärzt werden, wenn die Platte von Metall ist, wie es bei den oft nadelfeinen Oeffnungen nicht anders sein kann. Blenden mit Oeffnungen von einer Linie und darüber macht man aus Ebenholz. Fig. 400 zeigt eine

Fig. 400.



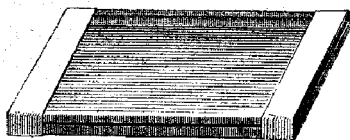
solche Blende zum Einlegen in die Oeffnung des Objectträgers in ihrer Stellung.

Eine unentbehrliche Beigabe

sind einige viereckige Stüchchen von Spiegelglas, die am Rande abgeschliffen

werden, um durchsichtige Gegenstände entweder in Wasser oder trocken darauf zu legen. Vorräthige zur Demonstration bestimmte Objecte legt man am besten zwischen zwei solche Platten, die am Rande mit Papier umklebt oder mit Ausnahme der nöthigen Stellen ganz mit Papier überzogen werden, worauf die

Fig. 401.



Bezeichnung des Gegenstandes kommt, etwa wie Fig. 401. Eine der Platten muß aus möglichst dünnem Glase bestehen, damit man die Objecte den Gegenständen gehörig nähern könne, was besonders für combinirte Ob-

jective der Fall ist. Man bekommt bei den Optikern ungemein dünnes Glas unter dem Namen Birmingham-Glas; allein es ist ziemlich theuer, und nur in besonderen Fällen wird man vorräthige Objecte unter ein Stückchen davon verpacken; für Probeobjecte, die zur Vergleichung der Instrumente bestimmt sind, sollte dieses aber immer geschehen. Gewöhnlich bedient man sich solchen Glases zum Decken von Gegenständen, die der Untersuchung wegen sich in einer Flüssigkeit auf Glas befinden, wenn starke Vergrößerung angewendet wird. Man zerbricht dieses Glas, nachdem man den Bruch mit dem Schreiddiamant vorgezeichnet hat, da es den Druck, den der Glaserdiamant erfordert, nicht aushält. Bei manchen kleinen transparenten Gegenständen kann man auch auf die eine Platte zuerst einen Tropfen Canadabalsam bringen, das Object darauf legen, sodann die Platte etwas erwärmen, das Object in den Balsam eindrücken, und auf dasselbe noch einen Tropfen Balsam bringen, worauf man durch Auflegen der zweiten Platte den Balsam auseinanderdrückt. So behandelte Objecte sind außerordentlich transparent; sie müssen aber vor dem Einlegen wenigstens äußerlich wohl trocken und der Balsam sehr dünnflüssig sein, weil die Feuchtigkeit sich sonst in Tröpfchen um dieselben lagert; auch Luftbläschen sind schwer zu vermeiden, doch gelingt es durch seitliches Drücken an verschiedenen Stellen wohl, sie nach und nach zu entfernen; vor Allem muß man darauf sehen, daß nicht schon Luftbläschen im Balsam sind. Bevor man die Platten äußerlich reinigt, muß man sie mehrere Wochen liegen lassen, damit der Balsam erhärtet; das Einkitten ist aber nicht für alle Objecte zweckmäßig, manche müssen in verschiedenen anderen Flüssigkeiten aufbewahrt werden, manche trocken, was in den besonderen Schriften über Mikroskopie nachgesehen werden muß. Für physikalische Zwecke genügt Canadabalsam, oder das trockene Aufbewahren; namentlich bei letzterem ist aber ein vollständiges Umkleben mit Papier erforderlich, um den Staub abzuhalten.

Größere Insecten, wie Flöhe u. dergl., die zu bloßen Schaustücken bestimmt sind, werden mit einer Lanzette am Hinterleibe geöffnet, sodann vom Kopfe an

nach h
entfern
Vergröß
kung m
L
weißer
wendet
Lampe
Objecte
F
rungen
stets d
Verfäls
wird h
größern
Uebung
der M
zu gro
Zuvert
directe
der ein
mitron
messen
währen
Maßst
Nach
daß da
Maßst
das S
Uebest
gleich
holt,
sowie
Sehen
Entfer
um die
Veran
deutlich
man f

nach hinten wiederholt ausgedrückt und die hervorquellenden Theile sorgfältig entfernt. Man erhält so die leeren Panzer dieser Thiere, welche bei mäßiger Vergrößerung, namentlich aber im Sonnenmikroskope eine überraschende Wirkung machen.

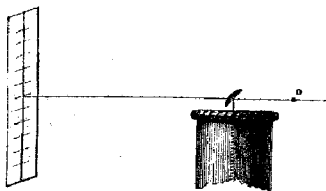
Zur Beleuchtung der Objecte ist das reflectirte Licht weißer Wolken oder weißer Häuser vor Allem zu empfehlen; directes Sonnenlicht kann nicht angewendet werden, wohl aber mit vielem Vortheile das Licht einer gut brennenden Lampe mit doppeltem Luftzuge. Letzteres ist besonders für die Beleuchtung der Objecte von oben zu empfehlen.

Für den Gebrauch wird zuerst nöthig, daß man die einzelnen Vergrößerungen des Instrumentes kennen lerne, wenn es auch nur deswegen wäre, um stets die passende Combination auswählen zu können. Auf die Angaben der Verkäufer kann man nicht wohl gehen; auch von sonst bewährten Künstlern wird hier gern in runden Zahlen zuviel angegeben. Den Versuch, die Vergrößerung aus den Brennweiten zu berechnen, kann man wohl einmal zur Uebung machen; allein man wird sehr bald erkennen, daß die möglichen Fehler der Messungen bei den Brennweiten und den Abständen der Objecte einen viel zu großen Einfluß auf das Resultat haben, als daß man auch nur einigermaßen Zuverlässiges erwarten dürfte. Es bleibt hierbei nichts Anderes übrig, als die directe Vergleichung. Man legt hierzu ein Object von bekannter Größe, entweder eine auf Glas geschnittene Mikrometerscale, also das vorhandene Ocularmikrometer, oder ein mittelst eines Schraubenmikrometers oder sonst genau gemessenes Object in das Instrument, betrachtet dasselbe mit dem einen Auge, während das andere auf einen durch starke Linien auf weißes Papier gezeichneten Maßstab gerichtet ist, den man in die Entfernung des deutlichen Sehens bringt. Nach einiger Uebung bringt man es dahin, beide Bilder deutlich zu sehen, so daß das eine das andere deckt, und man also ablesen kann, wie viele Theile des Maßstabes vom Objecte eingenommen werden. Allein gerade dieses Ablesen ist das Schwierigste, weil die beiden Bilder sich stets über einander verschieben; der Uebelstand wird übrigens um so geringer, je kleiner das Object ist, das man vergleicht. Daß man es nicht bei einem Versuche beläßt, sondern denselben wiederholt, um das Mittel aus mehreren zu erhalten, versteht sich wohl von selbst, sowie daß man die erhaltene Vergrößerung auf die Weite des normalen deutlichen Sehens reduciren müsse, wenn der Beobachter den Maßstab nicht auf 10 Zoll Entfernung beobachten kann. Man könnte zwar die Brille zu Hülfe nehmen, um diese kurze Rechnung zu umgehen, allein das gäbe zu Fehlern anderer Art Veranlassung. Zehn Zolle legen die Optiker gewöhnlich als Distanz des deutlichen Sehens zu Grunde, wenn sie die Vergrößerungszahl angeben, obwohl man sonst gewöhnlich nur 8 Zoll annimmt; aber die Vergrößerungszahl wird

dadurch namhaft erhöht, was übrigens an sich gleichgiltig ist, wenn diese Zahl nur richtig und die Distanz angegeben ist.

Das unangenehme Verschieben der beiden Bilder über einander fällt ganz weg, wenn man über dem Oculare einen Sümmering'schen Spiegel (ein sehr kleines an einem dünnen Stiele befestigtes Stahlspiegelchen) so anbringt, daß man das Object in horizontaler Richtung sehen kann, in welcher man dann auch den Maßstab befestigt, wie Fig. 402 zeigt, und also beide Gegenstände

Fig. 402.



mit demselben Auge betrachtet. Man muß dabei gewöhnlich die Beleuchtung im Mikroskop etwas mäßigen, weil sonst die Helligkeit des Bildes gegen jene des Maßstabes zu groß ist.

Wendet man eine Camera lucida auf die gleiche Weise an, so thut sie dieselben Dienste. Ebenso bestimmt man die Vergrößerung der Oculare, in welche das

Mikrometer eingelegt werden kann, und bestimmt dann durch Division die Objectivvergrößerungen, damit man mittelst des Ocularmikrometers die Größe der Objecte bestimmen kann, wobei übrigens die Weite des deutlichen Sehens des Beobachters stets zu berücksichtigen ist.

Hat man alle Objective (wenn sie trennbar sind, nur in den vom Verfasser angegebenen Combinationen) mit dem schwächsten Oculare — welches ohnehin in der Regel zu gebrauchen ist — durchgemessen, so bestimmt man auf gleiche Weise bei unverändertem schwachen Objective die Vergrößerungen für die einzelnen Oculare, leitet daraus den Coefficienten ab, mit dem die Vergrößerung des schwächsten Oculars zu multipliciren ist, um die übrigen zu erhalten, und bringt dann Alles in eine Tabelle mit doppeltem Eingange, etwa nach folgendem Muster, wo natürlich die Vergrößerungen der stärkeren Oculare mit den übrigen Objectiven nur berechnet werden.

Objective, das vorderste gegen das Auge.	Objectiv- vergrößerung.	Mit Ocular Nro. 1.	Nro. 2. Coeff. =	Nro. 3. Coeff. =

Bei einem Ocularmikrometer hat man nur die Objectivvergrößerung zu bestimmen; sie ergibt sich einfach durch Betrachtung eines Objectes von bekann-

ter Größe
nimmt.

Instrum
und da
mittlere
nur dan
zu rück

vor Al
großen
stehen z
damit
müssen.

einem e
weg.
dieselbe
weggefe
Besser
in rein
man et

getrockn
wickelt
Leinwa
Ecken d
Marke
fernt a
nietet
schlechte
muß d
nach se
falls m

S
mikrosk
von ob
Zimme

*)
Kräger
auf ein
werden.

ter Größe, aus der Zahl der Theile, welche es auf dem Ocularmikrometer einnimmt. Das Ocularmikrometer hat die Unbequemlichkeit, daß seine Lage im Instrumente sich nach der Weite des deutlichen Sehens des Beobachters richtet und daher erst gesucht werden muß. Vom Optiker ist es gewöhnlich auf die mittlere Sehweite gerichtet. In der Regel wendet man die stärkeren Oculare nur dann an, wenn man die Vergrößerung wechseln will, ohne an dem Objecte zu rücken.

Was nun die Erhaltung des Instrumentes betrifft, so hat man dasselbe vor Allem vor Staub zu bewahren; zu dem Ende bedeckt man es mit einer großen Papierdüte oder einer Glasglocke, wenn man genöthigt ist, dasselbe offen stehen zu lassen; für gewöhnlich sollte es aber in seinem Kästchen verwahrt sein, damit man so wenig als möglich in den Fall komme, die Gläser putzen zu müssen. Hat sich ja etwas Staub auf dieselben gesetzt, so kehrt man diesen mit einem eigens hierzu bestimmten, beim Mikroskope verwahrten feinen Haarpinsel weg. Nur wenn sich ein nebliger Anflug auf die Gläser gelegt hat, putzt man dieselben mit feinem Handschuhleder, nachdem der Staub vorher mit dem Pinsel weggekehrt ist; letzterer würde sonst leicht Risse auf dem Glase veranlassen. Besser noch, als Leder, ist ein Stückchen feiner alter Leinwand, die man selbst in reinem Wasser ohne Seife wäscht, und dann in Wasser taucht, in welches man etwa 10 bis 20 Minuten vorher Kreidepulver gerührt hatte, worauf sie getrocknet wird. Auch diese Leinwand, sowie das Leder, wird in Papier gewickelt besonders für diesen und ähnliche Zwecke aufbewahrt. Außer Leder und Leinwand ist Hollundermark ein vortreffliches Putzmittel, besonders um in die Ecken der Fassungen zu gelangen. Man putzt ein Federmesser zuerst auf dem Marke selbst ab, macht dann damit einen frischen Schnitt an demselben, und entfernt auch die harten Ränder. Sollten die achromatischen Objective nicht vernietet oder verkittet sein, so kann sich auch zwischen diese Unreinigkeit einschleichen; allein wenn man ja genöthigt wäre, sie auseinanderzunehmen, so muß dieses mit der größten Vorsicht geschehen, und man muß noch vorher danach sehen, ob auch ihre gegenseitige Lage auf ihnen gezeichnet ist, und dieses allenfalls mit einem feinen Diamantstriche thun, wenn es nicht der Fall sein sollte *).

Jedes zusammenge setzte Mikroskop läßt sich übrigens auch als Sonnenmikroskop gebrauchen, wenn man im dunklen Zimmer einen Sonnenstrahl stark von oben auf den Beleuchtungs Spiegel leitet. Das Bild wird an der Decke des Zimmers aufgefangen.

*) Einen solchen Diamant, der nicht in das Glas schneidet — einen sogenannten Kräger oder Schreibdiamant —, kann man in gar vielen Fällen brauchen; ist er auf einem dünnen Stahlstifte gefaßt, so kann er auch zum Bohren in Glas verwendet werden. Sie sind verhältnißmäßig wohlfeil.

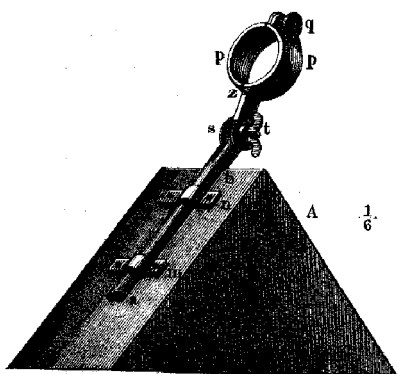
- 191 **Fernröhren.** Die Theorie derselben läßt sich sehr gut auf dem Gestelle Fig. 347 erläutern, wo man die entstehenden wirklichen Bilder auf Schirmen auffangen kann. Die erforderlichen Linsen werden in gestielten hölzernen Fassungen auf die Hülsen *PP* gesteckt, als Object kann wieder dieselbe Lampe dienen, oder auch irgend ein anderer entfernter Gegenstand. Hat das Gestell gerade die Höhe, daß man Sonnenlicht mittelst des Heliostats parallel mit dem Balken auf das als Objectiv dienende Glas fallen lassen kann, so kann man den Weg der Lichtstrahlen in dem nie fehlenden Staube sehr gut sehen. Man kann auch an einem Fernrohre die Oculare entfernen, und statt derselben eine kurze innen geschwärtzte Pappröhre aufsetzen und die vorhandenen Bilder unmittelbar betrachten, oder an einer passenden Stelle der Röhre ein mattes Glas oder Stropfpapier anbringen, um die Bilder darauf entstehen zu lassen. Auf gleiche Weise läßt sich auch die Theorie des zusammengesetzten Mikroskops erläutern.

Was die Anschaffung eines Fernrohres betrifft, so muß man darauf sehen, ein gutes achromatisches Erdfernrohr von 10- bis 20maliger Vergrößerung zu erhalten, um es bei den Beugungsversuchen gebrauchen zu können. Ein Plössl'scher Feldstecher von 8- bis 12maliger Vergrößerung dient hierzu auch, ist aber ziemlich theuer. Eine sogenannte Baumschraube kann man dazu machen lassen; sie ist für Beugungsversuche sehr bequem.

Reichen die Mittel aus, um ein astronomisches Fernrohr anzuschaffen, so muß dieses mindestens so viel leisten, daß man den Saturnsring dadurch deutlich erkennen kann; weniger hat keinen Zweck und die Ausgabe wäre daher vergeblich.

Will man dem Fernrohre eine parallactische Aufstellung geben, so läßt

Fig. 403.



sich dieses leicht machen, wenn man auf einem hölzernen Klotz *A*, Fig. 403, dessen Winkel α der Polhöhe des Ortes gleich ist, eine eiserne Achse *ab* halb einläßt und durch die aufgeschraubten messingenen Bänder *mm*, *nn* mit der erforderlichen Reibung so fest hält, daß sie durch das Gewicht des Fernrohres nicht gedreht werden kann. Mit dieser Achse ist durch ein Gelenk *s* der Ring *pp* verbunden; er ist gerade so weit, daß er in der Gegend des Schwerpunktes des Fernrohres dieses umfassen und durch die Schraube *g* festhalten kann; eine Hälfte desselben ist bei *z* mit einem Gelenke

versehen, oder der Stiel ist eine Strecke weit eingefügt. Die Flügelschraube *t*

dient dazu, auf die Strecke *m* Gebrauch auf sein



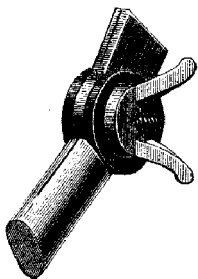
Säule herstellen, wie in selbst m



ausgezeichnet. Die Bänder, die durch die Schraube *t* sich, un

dient dazu, die Reibung im Gelenke *s*, welches in Fig. 404 vergrößert gezeichnet ist, auf das gehörige Maß zu bringen, und die Axe *ab* ist darum ebenfalls eine Strecke weit eingesägt, damit sie etwas federn kann. Den Klotz *A* stellt man beim Gebrauche auf die horizontal gestellte Platte eines Messtisches und er ist zu dem Ende auf seiner Standfläche mit wollenem Tuche beleiht; daß die Axe *ab* in der

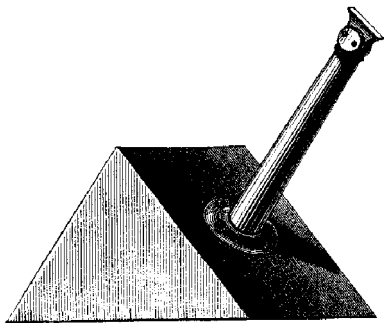
Fig. 404.



Meridianebene liegen müsse, ist für sich klar. Diese Aufstellungsweise ist für die Beobachtung der Gestirne auch in der angegebenen einfachen Gestalt sehr bequem; ist nämlich einmal der Stern im Fernrohre, so stellt man das Gelenk *s* fest und es kann nun auch ein ungeübter Beobachter das Fernrohr stets dem Sterne nachführen, da dieses sich nur noch um die Axe *ab*, also in einem mit dem Aequator parallelen Kreise drehen kann. Hat ein Fernrohr einen gewöhnlichen Dreifuß mit senkrechter Säule als Gestell mit verticaler und horizontaler Bewegung, so darf man nur den Dreifuß abschrauben, und die

Säule selbst statt *ab* unbeweglich auf den Klotz *A* befestigen. Je nach der Beschaffenheit des unteren Endes dieser Säule kann es vortheilhafter sein, dieselbe, wie in Fig. 405, auf die Fläche eines Klotzes so zu befestigen, daß die Säule selbst mit der Erdoberfläche parallel wird; in diesem Falle muß aber der Klotz mittelst

Fig. 405.



einer durch denselben gehenden Schraube, am besten auf den Dreifuß eines Theodolits befestigt werden, was übrigens in allen Fällen dem bloßen Auflegen des Klotzes vorzuziehen ist.

Bei dem Ankaufe eines Fernrohrs gilt dasselbe, wie beim Mikroskope; man muß entweder nur aus bewährter Hand kaufen, oder nach sorgfältiger Vergleichung mit einem aus einer

ausgezeichneten Werkstätte stammenden Instrumente, dessen Preis man kennt. Die Vergrößerung kann, wenn sie nicht bedeutend ist, in der Art bestimmt werden, daß man die Hohlziegel auf dem Firste eines Daches mit dem einen Auge durch das Fernrohr, mit dem anderen unbewaffnet ansieht; beide Bilder decken sich, und man kann dann beurtheilen, wie viele mit freiem Auge gesehene Ziegel

von einem durch das Fernrohr gesehenen bedeckt werden. Auch hier verschieben sich die Bilder stets über einander und das Abschätzen bedarf einiger Uebung. Viel leichter kommt man aber zum Ziele, wenn das Fernrohr befestigt ist. Sicherer läßt sich die Vergrößerung bestimmen, wenn man dicht vor das Ocular des befestigten und nach einem etwa 20 bis 30 Schritte entfernten deutlich getheilten Maßstabe (einer Nivelirsklatte, oder auch einem nur in Fuße getheilten Visirstabe) gerichteten Fernrohres eine Camera lucida aufstellt und unterhalb dieser in die deutliche Sehweite einen auf weißes Papier getheilten Maßstab legt. Da man hier beide Bilder ruhig über einander sieht, so kann man leicht ablesen, wie viel Theile des Maßstabes im Fernrohre auf einen Theil des mit freiem Auge gesehenen Stabes gehen. Ist D die Entfernung des einen Maßstabes vom Fernrohr, d jene des anderen vom Auge und n die Zahl der Theile des ersteren, welche auf einem gleich großen des letzteren gesehen werden, so ist $\frac{D}{n d}$ die Vergrößerung.

Für ein Auge mit anderer als normaler Sehweite ändert sich allerdings die Vergrößerung etwas, da das Fernrohr mehr oder weniger ausgezogen werden muß. Es ist indessen dieses Verfahren umständlich dadurch, daß man die Camera lucida oder den Scimmering'schen Spiegel vor dem Fernrohr anbringen muß, und zwar mittelst eines Stativs oder am Fernrohr selbst. Andere noch genauere Methoden erfordern ebenfalls besondere Apparate und sind daher für die Verhältnisse, auf welche in gegenwärtiger Anleitung Rücksicht genommen ist, um so weniger erforderlich, als es bei der Bestimmung des Werthes eines Fernrohres weniger auf die Vergrößerung, als auf die Helligkeit und Schärfe der Bilder ankommt. Das einfachste Mittel aber, zwei Instrumente in dieser Beziehung zu vergleichen, besteht darin, daß man untersucht, in welcher Entfernung durch jedes derselben die nämliche Druckschrift gelesen werden kann. Man nimmt hierzu einen scharfen Druck von Cicero Fractur auf glattem weißen Papier. Ein anderes Hilfsmittel zur Vergleichung zweier Fernrohren besteht darin, daß man auf einem Täfelchen gute schwarze Liniengruppen zeichnet von verschiedener Breite, wo die Abstände der Breite der Linien gleich sind. Man kann mit 10 Linien von 5 Millimeter Breite und Abstand beginnen und mit solchen von 1 Millimeter Breite und Abstand aufhören. Ein solches Täfelchen wird in einer Entfernung von etwa 100 Schritt vom Laboratorium an einer geschützten Stelle befestigt und dient beständig als Object zur Vergleichung von Fernrohren. Da Fernrohren aller Art ein sehr verbreiteter Gegenstand sind, so hat man sehr oft Gelegenheit, solche Vergleichungen anzustellen, und man erwirbt sich dadurch bald ein sicheres Urtheil über deren Güte und Werth auch ohne Vergleichung, wenigstens für geringere Vergrößerungen. Von großen Instrumenten für astronomische Zwecke ist aber hier nicht die Rede.

Als ungefährer Anhaltspunkt über die Leistungsfähigkeit eines kleineren Fernrohrs mag die Bemerkung dienen, daß man durch einen angeschraubten Plössl'schen Feldstecher mit dem Ocular No. 3, welcher zu 15 fl. Conventions-Münze verkauft wird und 12malige Vergrößerung hat, den Druck dieses Buches ohne besonders günstige Umstände noch in 30 bis 34 Fuß Entfernung lesen kann. Gewöhnliche Auszug-Fernrohre von ungefähr derselben Vergrößerung leisten dieses noch in 18 bis 20 Fuß Entfernung und werden je nach der Ausstattung ungefähr zu 6 fl. rheinisch verkauft.

Daß außer der optischen Wirkung auch noch die mehr oder minder schöne und zweckmäßige Ausrüstung zu berücksichtigen sei, versteht sich von selbst, allein es läßt sich darüber im Allgemeinen Nichts bestimmen; nur darauf muß man sehen, daß die Auszüge und die beweglichen Theile des Stativs, wenn ein solches vorhanden, sichere und sanfte Bewegung haben. Eine Vorrichtung zum feinen Einstellen des Oculars ist für Vergrößerungen von 30mal und darüber schon sehr nothwendig.

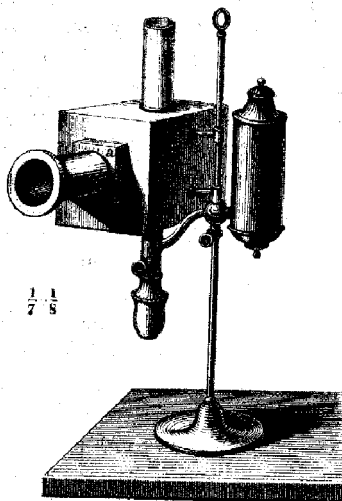
Ueber die Erhaltung solcher Instrumente gelten dieselben Vorschriften, wie beim Mikroskope.

Nicht selten wird man darum angegangen, einem verdorbenen Fernrohre zu helfen; allein es kann natürlich davon nur dann die Rede sein, wenn alle Gläser in gutem Zustande vorhanden sind und die Auszüge noch sichere Führung haben. Dann kann aber auch nur eine Verwechslung der Gläser stattgefunden haben oder eine Verschiebung der Blenden. Letzteres erkennt man an dem inwendigen schwarzen Anstriche, und die Gläser wird man nach ihren Brennweiten und der Theorie der Fernrohre schon so ordnen, daß die physischen Bilder wieder bei den Blenden entstehen. Da aber bei guten Fernrohren eine Verwechslung wegen Ungleichheit der Gewinde kaum möglich ist, so liegt der Fehler oft darin, daß die beiden Objective nicht richtig auf einander liegen. Sind sie zusammen gezeichnet, so ist bald zu helfen, wo nicht, so kostet es eben einige, oft viele Versuche. In der Regel wird es immer am gerathensten sein, selbst eigene Instrumente der Art dem Opticus zur Reparatur zu überlassen, als sich selbst damit abzugeben; um so weniger wird man für Andere sich die Zeit damit verderben.

Spiegelteleskope. Für den Gebrauch im Kleinen werden bekannt- 192
lich keine mehr gefertigt. Da es aber für den Unterricht sehr bequem ist, ein solches Instrument zu haben, wenn es auch zum Gebrauche nicht gerade viel taugen sollte, so muß man eben sehen, daß man gelegentlich bei einer Auction eines nach Gregory erstehen kann; es hält nicht schwer, es wieder in einigermaßen brauchbaren Stand zu setzen, wenn nur die beiden Spiegel und die beiden Gläser vorhanden sind.

- 193 **Laterna magica.** Zur Erläuterung der Construction dient jedes im Spielwaaren-Laden gekaufte Exemplar. Will man sich ein besseres ohne große Kosten verschaffen, so kann dieses geschehen, wenn man die Gläser sammt der ganzen Fassung von einer für photographische Zwecke bestimmten Camera obscura dazu verwendet. Man läßt einen Blechkasten auf eine Argand'sche Lampe machen, wie Fig. 406, so daß die Flamme mitten vor der Oeffnung

Fig. 406.



um nach dem Lichte sehen zu können.

Man kann entweder die künstlichen Nürnberger Bilder zu den Versuchen verwenden, oder sich selbst solche mit in Wasser löslichen Farben malen lassen; die Umgebung des Bildes wird am besten schwarz gemacht.

E. Versuche über Interferenz und Beugung des Lichtes.

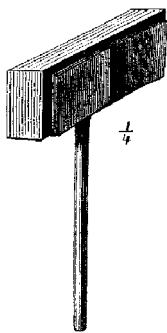
- 194 **Der Spiegelversuch.** Am einfachsten läßt sich derselbe mittelst zweier Glasspiegel herstellen, die aus demselben Stücke geschnitten sind. Ein Stück nicht zu dickes Spiegelglas von 2 bis 3 Zoll Länge, 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll Höhe wird durch einen scharfen Diamantstrich in der Mitte geschnitten; beim Brechen entsteht dann auf der gegenüberliegenden Fläche meist eine gerade reine Kante;

wäre es nicht der Fall, so versuche man es mit einem anderen Stüde. Auf den drei übrigen Rändern werden die Spiegel mit Sand roh zugechliffen.

Sie werden nun auf der Seite, wo der Diamantschnitt gemacht wurde, mit Tusche geschwärzt, und dafür vorher mit Fließpapier und Spiritus sorgfältig gereinigt, weil sich sonst nie eine gleichförmige Schwärze erzeugt. Die Tusche wird stark angerieben und mit einem Pinsel 4 bis 6 Mal aufgetragen, bis eine undurchsichtige Schichte entstanden ist. Die folgenden Anstriche müssen mit leichten parallel neben einander gesetzten Pinselstrichen gemacht werden, weil beim mindesten Reiben die schon angetrocknete Schichte wieder losgeht und dadurch Flecken entstehen. Je dicker aber der Anstrich bereits geworden ist, desto weniger hat man dieses zu fürchten. Bei jedem folgenden Anstriche müssen die Striche jene des vorhergehenden kreuzen. Man kann die vorher erwähnten Spiegelplatten auch mit schwarzem Siegellack überziehen oder mit einer recht mageren Oelfarbe. Letztere ist auch dann anwendbar, wenn man Metallflächen bei optischen Gegenständen matt schwarz anzustreichen hat. Man erhält sie, wenn man Kienruß mit gereinigtem Terpentinöl abreibt und zuletzt nur sehr wenig ($\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{6}$ des Terpentinöls) Leinölsirniß zusetzt.

Auf ein Klötzchen von Holz, wie Fig. 410, dessen Stiel, wie bei allen ähnlichen Apparaten, in eines der Stativchen Fig. 332 paßt, streicht man in

Fig. 410.



der Mitte und gegen die Ränder hin etwas Klebwachs (Wachs mit etwa $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ seines Gewichtes Terpen- tin zusammen geschmolzen), nachdem das Klötzchen vor- her mit Tinte geschwärzt oder vom Schreiner schwarz ge- beizt, aber nicht etwa polirt wurde. Auf das Wachs legt man nun die beiden Spiegel mit der Schnittfläche an einander und drückt sie fest. Die Stelle, wo beide Spiegel an einander stoßen, drückt man etwas nieder, wodurch sie eine schwache Neigung gegen einander erhal- ten; diese Neigung darf aber nicht stärker sein, als daß man eine 10 bis 20 Schritte entfernte Fensterspange auf beiden Spiegeln nur gerade noch doppelt sieht. Keiner der Spiegel darf über den anderen hervorragen,

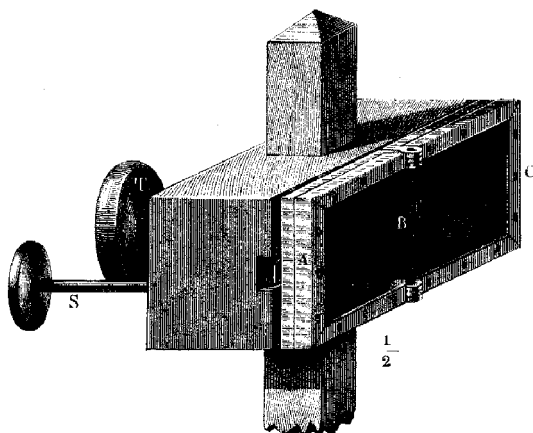
wobon man sich durch das Gefühl mit der Fingerspitze versichert.

Für den Versuch ist es allerdings bequemer, wenn die Stellung der Spie- gel durch eine Schraube regulirt werden kann. Man erhält solche Vorrichtungen einfacher Art, wo der eine Spiegel nur durch eine Schraube und eine Feder, wie in Fig. 411 und 412 (a. f. S.), geführt wird, um 2 bis 4 Thaler von den Mechanikern. Vorrichtungen mit Stahlspiegeln und verschiedenen Stellschrauben sind ziemlich theuer.

Der Versuch selbst kann mit einer Kerzenflamme oder einer hoch und schmal

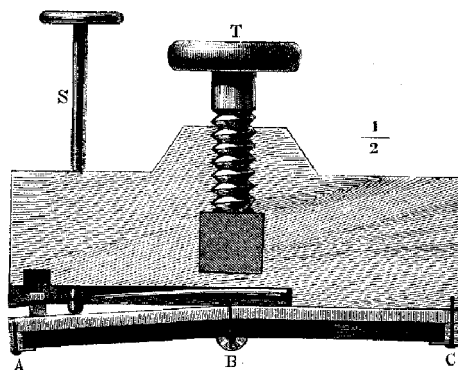
brennenden Lampe angestellt werden, und zwar ohne vorgelegten Schirm; doch werden die Streifen etwas schärfer, wenn man einen Schirm mit einer Spalte

Fig. 411.



davor setzt, die jedoch nicht wohl unter 1 Linie verengert werden kann. Was mit der Einrichtung von S. 166 ist hier ganz besonders bequem. Einen solchen

Fig. 412.



Schirm braucht man auch zu den Biegungsversuchen, und man richtet daher ein geschwärztes Brettchen wie Fig. 413 zu, wobei die Entfernung der beiden Leisten *mn* jener am Helioskate Fig. 361 u. 362 gleich gemacht wird, so daß man entweder die beiden Bleche Fig. 363 oder eines, wie Fig. 414

dazwischen schieben kann. Die Kante des beweglichen Schiebers muß in jeder Entfernung mit der des festen parallel bleiben, und beim Schlusse des Schiebers müssen

Fig. 413.

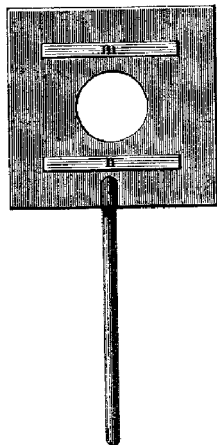
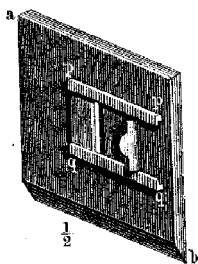


Fig. 414.

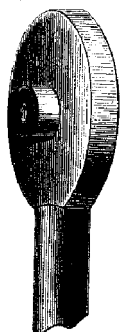


beide einander berühren, indem bei der Anwendung von Sonnenlicht eine sehr schmale Spalte erforderlich ist. Hier wird denn ganz besonders eine Spalte wie Fig. 364 oder 365 bequem. Ein dunkles Zimmer ist hierbei nicht nöthig.

Die beiden geschwärzten Spiegel werden in gleicher Höhe mit der Lichtflamme und etwa 10 bis 15 Schritte von ihr entfernt aufgestellt; eine geringere Entfernung ist wohl anwendbar, allein die Streifen sind dann viel weniger deutlich. Die Kante, in der beide Spiegel zusammenstoßen, muß der Flamme oder der Spalte

so gut als möglich parallel gestellt werden, und die Spiegel selbst eine solche Lage haben, daß die Strahlen mit ihnen einen außerordentlich kleinen Winkel machen, und das Auge in einer Entfernung von 1 bis 2 Fuß beinahe in gerader Linie mit der Mittellinie der Spiegel und der Spalte steht. Sieht man so die Kerzenflamme, so bemerkt man von freiem Auge schon zwischen ihren sich überdeckenden Bildern feine Interferenzlinien, wenigstens wenn man kurzsichtig ist und die Sache schon kennt. Schöner aber und für Jeden überraschend deutlich sieht man dieselben durch eine Loupe von 4- bis 6maliger Vergrößerung. Man

Fig. 415.



befestigt dieselbe am zweckmäßigsten in der Mitte eines schwarzen gestrichelten Brettchens, wie in Fig. 415, welches in der angegebenen Entfernung von 1 bis 2 Fuß von den Spiegeln aufgestellt wird, so daß die einzelnen Beobachter nicht erst die Streifen zu suchen brauchen, wozu schon eine gewisse Übung gehört. Licht, Schirm und Spiegel können auf dem Gestelle Fig. 347 befestigt werden; die Loupe stellt man in einem Stativchen auf eines der kleinen Tischchen, wie Fig. 334, oder, wenn der Stiel ihres Halters lang genug ist, gleich in den Fuß eines solchen Tischchens. Die Streifen werden übrigens deutlicher, wenn man durch einen seitlichen Schirm verhindert, daß von der Lichtquelle Licht auch unmittelbar auf die Loupe gelangen kann. Cylinderloupen von

mäßiger Vergrößerung thun auch hier gute Dienste; allein sie haben sehr oft im Inneren der Masse Streifen, was bei diesem Versuche den Erfolg gänzlich stören kann, während sie zu sonstigen Zwecken noch recht wohl brauchbar sein können *).

Macht man den Interferenzversuch mit Sonnenlicht, so kommt der Schieber Fig. 414 an den Heliostat, und man kann dann die Streifen auf einem Schirme von Strohpapier auffangen. Objective Darstellungen sind zwar sehr zu empfehlen, indem sie einerseits sehr viel Zeit ersparen, und man andererseits dabei versichert ist, daß die Zuhörer auch wirklich das sehen, was man ihnen zeigen will. Letzteres ist nämlich nicht immer der Fall; es wird sehr oft ein Apparat verschoben und Viele haben durchgesehen und nichts gesehen, ehe man es erfährt oder bemerkt. In diesem Falle wird jedoch deswegen nicht viel gewonnen, weil die Streifen sehr nahe beisammen sind, so daß doch fast nur jeder Zuhörer einzeln sehen kann.

Will man einfarbiges Licht anwenden, so kann der Versuch beinahe nur mit Sonnenlicht gemacht werden. Man hängt dann vor die Spalte im Heliostat ein reines Stückchen Glas von passender Farbe, oder ein mit einer solchen gefülltes Fläschchen mit möglichst reinen und parallelen Wänden. Sehr bequem ist es, wenn der Heliostat auch auf der äußeren Seite Schieberleisten hat, zu welchen ein paar Schieber passen, welche mit farbigen Gläsern versehen sind.

Eine vorzügliche blaue Flüssigkeit ist das schwefelsaure Kupferoxydammoniak. Man versetzt Kupfervitriollösung mit Salmiakgeist, bis der grünlichblaue Niederschlag wieder vollkommen gelöst ist. Die Flüssigkeit bleibt in einem verkorkten Fläschchen Jahre lang gut; nur setzt sich mit der Zeit ein Niederschlag ab, den man nicht etwa vor dem Versuche aufrütteln darf. Kochsalz auf den Docht einer Weingeistlampe gestreut, färbt die Weingeistflamme ziemlich homogen gelb; den letzten Rest blauen und grünen Lichtes kann man aus diesem Gelb noch entfernen, wenn man dasselbe durch ein braungelbes Glas gehen läßt.

Sowohl die Gläser mit Flüssigkeiten, als die farbigen Glasplättchen werden mit Fäden versehen, mittelst denen man sie nur an einem hierfür am Heliostat befindlichen kleinen Stifte aufzuhängen braucht, um sie gehörig vor die Oeffnung zu bringen.

195 Versuche mit dem Interferenz-Prisma. Es hält ziemlich schwer, ein Biprisma zu erhalten, dessen beide Theile einen entsprechend kleinen

*) Beim Ankaufe solcher Loupen muß man dieselben recht genau untersuchen, indem man sie in der Weite des deutlichen Sehens gegen das Tageslicht hält, wo man dann beim Hin- und Herdrehen die Wellen bemerkt. Hält man sie dicht vor das Auge und sieht damit gegen ein Licht, so erscheint das Sehfeld gestreift, und zwar mit Streifen, welche sich mit der Loupe drehen.

brechenden Winkel haben; jedenfalls ist es schwierig und erfordert viele Geduld, selbst ein solches absichtlich zu schleifen. Von alten Spiegeln, die mit einer schwachen Randfacette versehen sind, kann man wohl zufällig passende Stücke erhalten, welche die Streifen sehr schön zeigen. Allein jedes Stück von etwas dickem Spiegelglase bietet hierzu von selbst das beste Mittel dar, indem Spiegel sehr selten parallele Flächen haben, und es handelt sich nur darum, die Richtung zu bestimmen, in welcher sich beide Flächen bei gehöriger Verlängerung schneiden würden. Man findet dieses nach Ohm's Anweisung dadurch, daß man eine enge und kurze Spalte eines dunklen Schirmes vor einem Fenster anbringt und das Glas etwa einen Fuß weit von derselben entfernt so hält, daß man die Spalte darin durch Reflexion sehen kann. Man sieht zwei Bilder davon, eines durch Reflexion an der vorderen und eines durch Reflexion an der hinteren Seite des Glases, von welchem vorher die Belegung abgeschabt wurde. Beide Bilder liegen aber nur dann in derselben geraden Linie, wenn die Zurückwerfungsebene zu der Kante des brechenden Winkels, den die beiden Glasflächen mit einander machen, senkrecht ist, und diese Lage läßt sich durch Drehen des Glases leicht finden und die Richtung der Reflexionsebene auf demselben bezeichnen. Senkrecht zu dieser Richtung läßt man nun einen etwa zollbreiten Streifen aus dem Spiegelstücke schneiden und von diesem zwei ebenfalls zolllange rechteckige Stücke herunternehmen. Mit dem Feiszirkel wird man nun leicht finden, auf welcher Seite sie dicker sind, welche Seite die Basis des Prismas ist, und diese beiden Seiten schleift man sorgfältig eben. Um beim Schleifen das Auspringen am Rande zu verhüten, schleift man zuerst an diesen eine schwache Facette, die man, wie das Schleifmittel feiner wird, schmaler werden läßt, und zuletzt mit ganz feinem Smirgel wegschleift. Die anderen drei Seiten werden roh eben geschliffen. Die so erhaltenen zwei Prismen werden nun mittelst Canadabaltham zusammen gefittet und mittelst eines kleinen Nähmchens auf ein gestieltes Brettchen,

Fig. 416.

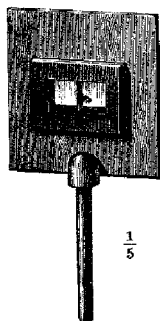
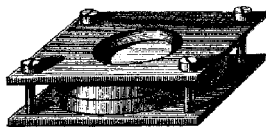


Fig. 416, mit passender Oeffnung befestigt. Solche Prismen extragen eine viel engere Spalte als Spiegel und sind besonders brauchbar, wenn man Versuche mit einfarbigem Lichte macht. Der ganze Versuch kann hier auf dem Balken Fig. 347 angeordnet werden, und die Distanzen sind dabei dieselben, wie bei Spiegeln. Indessen muß auch für den Spiegelversuch die Spalte sehr verengt werden, wenn man Sonnenlicht anwendet. Soll übrigens der Versuch gut gehen, so muß vor die Flamme ein Schirm mit einer Spalte gestellt werden und die Loupe muß soweit abstehen, daß die von den zusammengefiteten Flächen herrührende dunkle Linie verschwindet. Wenn man Sonne anwendet, so kann man die Erschei-

nung auch objectiv und vergrößert erhalten, wenn man das Licht, welches durch die Prismen gegangen ist, durch eine Loupe von 4- bis 6maliger Vergrößerung auf einen Schirm fallen läßt, der in passender Entfernung steht.

196 Newton'sche Farbenringe. Mit einem Converglas von ungefähr 4 Fuß Brennweite und dem nächsten Stücke Spiegelglas lassen sich die Ringe schön darstellen; daß sie aber um so breiter und schöner werden, je größer die Brennweite des Glases ist, ist allgemein bekannt. Für den Unterricht wird es nöthig, das Converglas nebst dem dazu gerichteten Spiegelglas in eine Fassung zu bringen, damit man den Druck beider Gläser gegen einander willkürlich verstärken könne, und damit auch die Ringe stets an derselben Stelle bleiben, weil sie sonst leicht übersehen werden. Zwei starke Messingbleche mit Oeffnungen in der Mitte und mit vier Schrauben, wie in Fig. 417, erfüllen den Zweck

Fig. 417.



sehr gut. Um die Ringe im auffallenden Lichte deutlicher zu machen, legt man das Ganze auf eine schwarze Unterlage und läßt es in schiefer Richtung betrachten. Es giebt solche Apparate im Handel, bei denen das Planglas aus schwarzer Masse besteht und welche diese

Ringe vortrefflich zeigen; allein man muß dann doch noch ein passendes Planglas haben, um die Ringe im durchgehenden Lichte zu zeigen. Da diese letzteren überhaupt schwach und darum von Ungelübten schwerer zu bemerken sind, so thut man am besten, sie mittelst des Sonnenmikroskops an der weißen Wand darzustellen, indem man eine mäßige Vergrößerung anwendet. Soll das Bild möglichst deutlich werden, so wird es nöthig, eine Blendung von schwarzem Papiere noch unter die eine Messingplatte zu legen, in welches man keine größere Oeffnung gemacht hat, als der Durchmesser der Ringe erfordert.

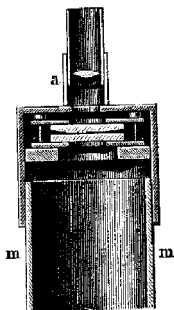
In der Regel wird man allerdings die beiden Gläser sammt ihrer Fassung nicht an jene Stelle des Sonnenmikroskops bringen können, wo die Objecte gewöhnlich angebracht werden; allein man wird eben für diesen Versuch eine eigene Röhre aus Pappe machen müssen, welche über oder in die Röhre *mm* des Sonnenmikroskops (Fig. 401) geschoben werden kann, gerade die Fassung der Gläser aufzunehmen vermag, und eine kleine Röhre *a*, wie in Fig. 418, hat, zum Einschieben der Linsen.

Zu weiterer Erläuterung der Farben kann man sich leicht spaltbarer Krystalle, namentlich des Gypses, des Glimmers, des Kalkepathes bedienen. Sie enthalten meist schon Luftschichten im Inneren und wenn es ja nicht der Fall sein sollte, darf man nur versuchen, sie mit dem Federmesser zu spalten.

Die Newton'schen Farbenringe erhält man auch sehr glänzend dadurch,

daß man den Rand einer kreisrunden 3- bis 6zölligen Scheibe von sehr dünnem Spiegelglas ringsum etwa in der Breite eines halben Zolls vergoldet, dieses

Fig. 418.



Glas dann mit der vergoldeten Seite auf ein anderes unten mit Tusche geschwärztes Spiegelglas legt, und in der Mitte beide gegen einander drückt. Letzteres geschieht am besten auf einer recht ebenen Unterlage durch ein stumpfspitziges Stückchen Holz. Statt einer kreisrunden Scheibe kann man auch einen länglichen Streifen an beiden Enden vergolden und in der Mitte drücken. Man erhält ebenfalls Ringe, nur sind sie weniger regelmäßig; sie nähern sich den Zahrringen auf tannenen Brettern. Im letzteren Falle kann man aber die Vergoldung selbst machen, indem man das vorher gereinigte Glas anhaucht und auf ein Blatt Gold so legt, daß es etwa einen halben bis ganzen Zoll darauf hineinragt. Man trennt

daun, während man das Glas noch ruhig auf das Gold andrückt, das übrige Gold von dem aufgeklebten, indem man mit einem sehr reinen Messer mit converger Schneide um das Glas herum schneidet. Ebenso verfährt man mit dem anderen Ende des Glases und dem Reste des Goldblattes. Wenn beide Gläser gleich groß sind, so kann man sie am vergoldeten Rande mit Papier überleben und den Apparat so bei einander lassen.

Um den Versuch mit homogenem Lichte zu machen, bestreut man den Docht einer Weingeisflampe mit Kochsalz. Man sieht bei homogenem Lichte immer viel zahlreichere Ringe, und zwei Glasplatten mit Gold dazwischen erscheinen beim leisesten Drucke ganz von denselben bedeckt. Bringt man den Apparat Fig. 417 successiv in die Farben des Spectrums, das durch eine enge Spalte und ein Flintglasprisma erzeugt ist, so sieht man die Ringe ebenfalls zahlreich und kann dann selbst den Unterschied der Breite in den verschiedenen Farben ohne Messung beobachten.

Um die Newton'schen Farbenringe an Seifenblasen zu zeigen, macht man eine Lösung von guter lufttrockener Hausseife (die feinen Seifenarten sind beinahe durchaus weniger brauchbar) in reinem weichem Wasser im Verhältniß von 1 : 180 bis 200. Die Lösung wird heiß bereitet und filtrirt. Die Flüssigkeit wird gewöhnlich besser, wenn sie 24 Stunden ruhig stehen bleibt; sollte sich dabei etwas auf dem Boden des Gefäßes absetzen, so darf es nicht aufgerührt werden. Man kann nun damit nach dem Erkalten auf folgende Art verfahren.

a) Die Lösung kommt in eine Untertasse auf schwarzes Papier am offenen Fenster und man bläst mit einem Glasröhrchen eine etwa zollhohe halbfluglige Blase auf der Mitte der Flüssigkeit; das Röhrchen wird zurückgezogen, noch ehe die Kugel Farben zeigt, und dann die Tasse mit einer Glasglocke bedeckt. Die

Farben entstehen auf dem Gipfel der Blase und ziehen sich in immer weiteren Ringen über dieselbe herunter. Manchmal sind alle Ringe nebst dem mittleren schwarzen Flecke schon anfänglich vorhanden und erweitern sich nur. Da aber immer viele Blasen brechen, ohne daß alle Ringe sich entwickeln, und die Entwicklung langsam geht, so ist dieses Verfahren mehr für das Selbststudium, als für den Unterricht geeignet.

b) Man steckt ein Glasröhrchen durch eine Korkscheibe und bläst an demselben innerhalb einer Flasche eine Seifenblase auf, wobei man ebenfalls aufhört, ehe die Blase farbig wird, und die Oeffnung des Röhrchens durch etwas Klebwachs verstopft, weil sonst die Blase wieder einsinken würde. Auch hier zieht sich die Seifenlösung nach dem untersten Theile der Blase und die Ringe entstehen um das Glasröhrchen herum. Dieses Verfahren ist sicherer als das vorhergehende, und die Farbe, welche gerade um das Röhrchen herum sich befindet, nimmt oft eine Breite von 1 bis 2 Linien ein. Aber die Ringe werden im Allgemeinen nicht weit, und die neu entstehenden schieben die früheren gleichsam auf einen Haufen zusammen. Die Blasen halten aber sehr lange.

c) Sehr schön und sicher, wenngleich in den einzelnen Farben nicht immer so entwickelt, erhält man diese Streifen, wenn man die Oeffnung eines Trinkglases in die Seifenbrühe taucht und das darauf gebildete Häutchen schief hält, wodurch sich der höher liegende Theil derselben verdünnt und die Farben nun als Streifen zeigt. Dieser Versuch gelingt sehr leicht und ist, weil sich die Streifen aller Ordnungen rasch entwickeln und zugleich in ziemlicher Breite gesehen werden können, für den Unterricht am meisten zu empfehlen, obwohl die feine Haut, welche das Glas überspannt, sehr bald reißt.

d) Man kann auch eine viel verdünntere (je nach der Trockenheit der Seife $\frac{1}{400}$ bis $\frac{1}{500}$) Seifenlösung anwenden, wenn man dieselbe in einem weißen Medicingläschen so lange sieden läßt, bis alle atmosphärische Luft verdrängt ist; es geht dieses ziemlich schnell, da die aufsteigenden Blasen die Luft hinaus-schieben. Das Gläschen wird am Halse vorher erwärmt und mit Siegelack überzogen und dann, wenn alle Luft verdrängt ist, durch einen wohl ausgelesenen tadellosen Kork rasch verschlossen; der Kork wird sofort eben geschnitten und so gleich sammt dem Halse mit Siegelack überzogen. Schüttelt man die Seifenlösung nach dem Erkalten, so bilden sich Blasen, welche schöne Farben zeigen und lange halten; nur ist es hierbei anfänglich viel seltener der Fall, daß diese Farben regelmäßig nach ihren verschiedenen Ordnungen entwickelt sind. Wenn aber ein solches Gläschen eine Zeit lang gebraucht worden ist, so entwickeln sich auf den die ganze Breite desselben überspannenden Häutchen die Farben immer regelmäßiger und schöner, wenn man ihnen ebenfalls eine schiefe Lage giebt, und diese Gläschen sind daher um so empfehlenswerther, als sie immer fertig sind. Besonders schön entwickeln sich die Farben in einem solchen Gläschen, wenn

man, nach Eisenlohr, ein Holzfutter auf die Centrifugalmaschine paßt, welches in der Mitte etwa einen Zoll tief ausgebreht ist, so daß man das Gläschen mit Papier umwickelt fest und senkrecht auf die Maschine stecken kann, nachdem man durch Schütteln eine durchgehende Haut in demselben erzeugt hat. Wird die Maschine gedreht, so entwickeln sich die Farben von der Mitte aus in aller ihrer Schönheit. Doch ist dieses Verfahren etwas umständlich und es darf nur wenig Flüssigkeit im Gläschen sein, oder man muß eine Haut hoch oben im Gläschen zu erhalten suchen; auch stören Unreinigkeiten im Glase hier mehr, als bei der einfachen Betrachtung, wobei man so zu sagen jede Blase benutzen kann.

Wenn es sich überhaupt nur darum handelt, farbige dünne Blättchen zu haben, so kann man leicht eine Glasugel an einer etwas weiten Röhre rasch bis zum Platzen aufblasen; die davonsfliegenden Glashäutchen prangen in den schönsten Farben. Dünne Schichten von Flüssigkeiten über andere Flüssigkeiten von dunkler Farbe ausgegossen, zeigen ebenfalls sehr schöne Farben; so besonders ätherische Oele über wässerigen Flüssigkeiten.

Will man diese Ringe in homogenem Lichte betrachten, so eignet sich hierzu am besten die Betrachtung durch farbige Gläser. Man erkennt durch solche Gläser in den unter a und b beschriebenen Seifenblasen schon Ringe, lange bevor sie dem bloßen Auge sichtbar sind. Auch den Unterschied in der Breite kann man leicht bemerken, wenn man mit rothem und blauem Glase wechselt. Am besten erkennt man aber diesen Unterschied, wenn man die Farbenringe zwischen dem Convex- und Planglase durch ein rothes und blaues Glas zugleich betrachtet, welche gerade an einander gehalten werden, so daß sie die Ringe halbiren.

Der Versuch von Grimaldi. In einen an den Heliostat passenden 197
den Schieber von dünnem Blech mache man zwei Oeffnungen von dem Durchmesser einer mittleren Nähnadel, welche $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll Abstand haben. Leitet man durch den Spiegel das Sonnenlicht horizontal darauf, und fängt nun in einem dunklen Zimmer das Bild beider Oeffnungen in einer solchen Entfernung vom Fenster auf einem Schirme von Strohpapier auf, daß sich beide Bilder etwa zu einem Drittheil oder höchstens zur Hälfte überdecken, so bemerkt man um die Gränze eines jeden gegen das andere einen dunklen Saum, während die Mitte der Stelle, wo sie sich überdecken, heller ist als jene Stellen, welche nur durch das Licht einer Oeffnung erleuchtet werden. Deckt man eine Oeffnung, so verschwinden auch die Säume.

Man kann für diesen Versuch auch einen hölzernen Schieber anwenden, mit einer etwas großen Oeffnung in der Mitte, über welche man ein Blatt Stanniol klebt und in dieses mit einer Nähnadel die beiden Löcher sticht.

Da Glaspiegel am Heliostat immer mehrere Bilder geben, so erhält man auch auf dem Strohpapierschirmen von jeder Oeffnung mehrere Bilder, welche

einander wechselweise decken; doch treten die Hauptbilder bei günstigem Stande der Sonne immer noch stark genug hervor, um die Hauptsache der Erscheinung unzweifelhaft darzustellen.

198 Beugungsversuche. Als Fundamentalversuche über diesen Gegenstand sind die objectiven Darstellungen der Beugung durch eine Spalte, durch eine runde Oeffnung und an einem schmalen undurchsichtigen Körper zu betrachten; diese müssen auch auf die einfachste, directeste Weise objectiv dargestellt werden, obwohl es noch andere Mittel giebt, welche die Erscheinungen größer und schöner an der Wand darstellen.

Für diese Fundamentalversuche muß man Sonnenlicht haben. Man bringt in den Heliostat den Schieber Fig. 364 oder 414, um eine verticale Spalte zu bilden, und stellt dieselbe auf etwa $\frac{1}{2}$ Millimeter Breite, während der Lichtstrahl horizontal auf eine etwa 10 bis 20 Fuß entfernte weiße Wand in das dunkle Zimmer hinein gerichtet ist. In eine Entfernung von etwa 5 Fuß von dieser Wand stellt man eine zweite Spalte vertical mittelst des Schirms Fig. 413 und des Schiebers Fig. 364 oder 365 auf, oder mittelst des später zu beschreibenden auf ein Fernrohr passenden hölzernen Ringes. Die Spectra werden, wenn die zweite Spalte fein gestellt wird, an der weißen Wand hinreichend breit und deutlich, so daß selbst Mehrere sie zugleich sehen können. Durch Veränderung der beugenden Spalte kann man nun auch den Einfluß zeigen, den die Breite derselben auf den Erfolg hat.

Der zweite Versuch, der so darzustellen ist, ist die Beugung an einem schmalen undurchsichtigen Körper. Man befestigt zu dem Ende eine Nähnadel oben auf einem beliebigen Stativ so, daß sie mitten in dem Lichtbündel steht, welches durch die Spalte des Heliostats in das dunkle Zimmer eindringt. Der Schatten der Nadel zeigt sich sodann mit farbigen Säumen umgeben, und man bemerkt solche Säume auch im Inneren des Schattens. Die Säume werden um so breiter, je weiter die weiße Wand von der Nadel entfernt ist.

Ein dritter Versuch wird mit einer runden Oeffnung gemacht. Man setzt für diesen Zweck eine runde Oeffnung von 2 Millimeter Durchmesser in den Heliostat, und in den Schirm Fig. 413 eine eben solche, jedoch von nur halb so großem Durchmesser. Auf der Wand zeigen sich dann concentrische Säume um das weiße Bild der Oeffnung; allein die Erscheinung ist bei Weitem weniger scharf und hell als bei der Spalte, man kann kaum den zweiten oder dritten Ring gut unterscheiden.

Statt der weißen Wand kann man auch einen Schirm von Strohpapier benutzen. Die Erscheinung zeigt sich wohl noch besser und der Kopf des Beobachters kommt nicht in den Weg.

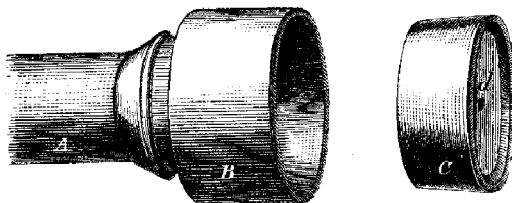
Diese Erscheinungen lassen sich besser beobachten, wenn man, wie bei den

einfachen Interferenzversuchen, sie durch eine Loupe betrachtet. Zu dieser Art der Darstellung eignen sich überhaupt nur die einfachsten Beugungsöffnungen, wie die angeführten, oder etwa noch die unten erwähnte Doppelspalte.

Für die Beobachtung der Beugung mit einfachem Lichte benutzt man 199 gefärbte Gläser und die Loupe oder das Fernrohr. Man findet auch die Anweisung, es solle statt der gefärbten Gläser mittelst eines Prisma, welches zwischen der ersten und zweiten Spalte steht, einfaches Licht auf die letztere gebracht werden; allein dem Verfasser gelang es so nie, Streifen zu erhalten, und sie können auch so nicht erhalten werden. Das Fernrohr ist überhaupt für die Darstellung der Beugungserscheinungen der zweckmäßigste Apparat; es bedarf dazu nur einer 8- bis 12maligen Vergrößerung, und wird entweder mittelst einer Schraube an irgend einem Stativ in zweckmäßiger Höhe befestigt, oder, wenn es am Messtisch aufgestellt, auf den Messtisch gestellt. Am bequemsten und, wenn Messungen gemacht werden sollten, freilich die einzig zulässige Art, ist das Fernrohr eines Theodolits.

Auf die Objectivseite des Fernrohrs, wo sonst der Deckel aufgeschoben wird, paßt man einen hölzernen Ring *B*, Fig. 419, in welchen andererseits eine

Fig. 419.



hölzerne Hülse *C* paßt, welche Fig. 420 im Durchschnitte zeigt. Letztere ist konisch, und läßt sich in dem mit Leder gefütterten Ringe gehörig festsetzen; sie hat außerdem im Innern einen Absatz, auf welchen man runde Bleche einpaßt, auf denen die beugenden Öffnungen angebracht sind. Diese Bleche werden nöthigenfalls durch einen vorgelegten Draht ring gehalten, und man läßt für jedes eine eigene Hülse *C* anfertigen.

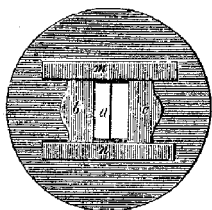


Folgende Beugungsvorrichtungen sind für den Unterricht zweckmäßig:

- 1) Eine Doppelspalte, wie sie Fig. 421 (a. f. S.) zeigt. Zwischen den beiden aufgenieteten Schiebleisten *mn*, und durch sie gehalten, ist der dünne Draht *a* (Stechnadelschaft) senkrecht zu den Leisten angebracht; gegen ihn lassen sich die beiden Schieber *b, c* bewegen, so daß man entweder den einen ganz

schließen und mit dem anderen und dem Drahte nur eine einfache Spalte bilden, oder beide zu einer gleichen oder ungleichen Doppelspalte benutzen kann.

Fig. 421.

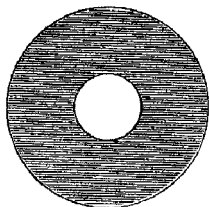


Die Höhe der Schieber muß etwa einen halben Zoll betragen, und die Oeffnung im runden Bleche wird rechtwinklig und etwas niedriger gemacht, als die Höhe der Schieber beträgt.

2) Das Stabgitter. Ueber einer viereckigen Oeffnung befestigt man mittelst Siegelack gerade, gleich dicke Drähte (Stecknadelschäfte), so daß sie um ihre Dicke von einander abstehen; es sollten deren mindestens sechs Stück sein, und man kann zwei Gitter von verschiedener Feinheit machen.

3) Das gekrenzte Gitter. Für diesen Zweck legt man zwei gleiche Stabgitter über einander, oder man wendet nur geradezu ein Stückchen von feinem Drahttuch an, welches durch einen Drahttring in einer Hülse befestigt wird.

Fig. 422.



4) Mehrere runde Oeffnungen von verschiedener Größe, bis 2 Millimeter Durchmesser. Die feinsten werden in Stanniol mittelst einer Nähnadel gestochen. Man klebt zu diesem Zweck ein Stückchen Stanniol auf einen Blechring wie Fig. 422.

5) Zwei runde Oeffnungen um ihren Durchmesser von einander abstehend und ebenso drei Oeffnungen im gleichseitigen Dreiecke stehend, beides nur in Stanniol.

6) Eine rautenförmige Oeffnung von 1 bis 2 Millimeter Seite, und zwei solche Oeffnungen, die einander parallel stehen und um ihre Breite von einander entfernt sind.

7) In ein paar weiteren Hülfsen befestigt man durch Drahtringe Stücke von Spitzengrund, Seidenzeug u. dergl. Die Versuche selbst können mit Lampen- oder Sonnenlicht gemacht werden, nur müssen im ersteren Falle sowohl die beugenden Oeffnungen, als die Oeffnungen vor der Lichtquelle größer genommen werden. Für Sonnenlicht muß die lichteinlassende Spalte oder runde Oeffnung haarfein gestellt sein. Für die Versuche mit einfarbig rothem oder blauem Lichte ist aber nur Sonnenlicht brauchbar, Lampenlicht wird durch Gläser mit gehörig gefärbter Farbe zu sehr geschwächt.

200

Um nun die Beugungsversuche selbst anzustellen, richtet man das Fernrohr, nachdem der hölzerne Ring B, Fig. 419, aufgesetzt ist, aus einer Entfernung von 5 bis 10 Schritten so gegen die Lichtquelle, daß es die davor befindliche Oeffnung deutlich zeigt, und setzt nun eine beliebige Hülse ein; Spalten und

Stabgitter natürlich immer so, daß sie mit der Lichtspalte parallel stehen. Man sieht nun durch das Fernrohr, um die Beugungserscheinungen zu beobachten, ohne daß man nöthig hätte, ein dunkles Zimmer anzuwenden. Macht man aber die Versuche im dunklen Zimmer und mit Sonnenlicht, so kann man das durch das Fernrohr gegangene Licht auf einem weißen Schirme auffangen und erhält dadurch die Erscheinung objectiv und so vergrößert, daß ein ganzes Auditorium dieselbe deutlich sehen kann. Es eignen sich hierfür besonders complicirte Beugungsöffnungen wie die Doppelspalte und die verschiedenen Gitter, weil sie Licht genug auf das Objectiv gelangen lassen und dadurch das Bild in gehöriger Helligkeit erscheint. Das Fernrohr muß dazu so weit ausgezogen werden, daß es, bevor die Beugungsöffnungen eingesetzt werden, ein deutliches Bild der Oeffnung am Heliostat auf der weißen Wand giebt, wozu je nach der Entfernung des Schirms immer etwas mehr erfordert wird, als zum deutlichen Sehen. Daß die Richtung des einfallenden Lichtstrahles genau mit der Ase des Fernrohrs zusammenfallen muß, ist für sich klar.

Sieht man durch das Fernrohr, so muß man bei Sonnenlicht sehr enge Beugungsöffnungen anwenden, und es ist hierbei, wie bei den eben erwähnten objectiven Darstellungen, gut, wenn man über den am Fernrohre befindlichen Holzring noch einen Schirm von Pappe steckt, der etwa 3 bis 6 Zoll breit ist, weil das neben dem Fernrohr vorbeigehende Licht sonst störend einwirkt. Dieses nebenausfallende Licht rührt hauptsächlich von den doppelten und mehrfachen Bildern der Glaspiegel am Heliostat her.

Wenn man den eben erwähnten Ring (*B*, Fig. 419) mit einem abschraubbaren Stiel versteht, der in eines der Stativchen Fig. 332 paßt, so können auch alle in denselben passenden Beugungsöffnungen zu den zuerst beschriebenen directen Beugungsversuchen verwendet werden, und man kann sich dann leicht überzeugen, welche Oeffnungen dafür die passendsten sind.

Soll Lampen- oder Gaslicht angewendet werden, so stellt man vor die Lampe den Schirm Fig. 413, das Gaslicht dagegen bedeckt man mit dem Kamine Fig. 352, in welchen ein Schieber mit einer veränderlichen Spalte oder mit einer mindestens 2 Millimeter weiten runden Oeffnung eingesetzt wird. Für Lampenlicht ist nur die Betrachtung durch das Fernrohr zweckmäßig, welches auch hier so gestellt werden muß, daß es die vor der Lampe stehende Oeffnung deutlich zeigt, bevor die Beugungsöffnungen eingesetzt werden.

Als Lichtquelle kann auch statt einer runden Oeffnung das von einer Thermometerkugel, von einem innen geschwärzten Uhrglase, selbst von einem Metallknopfe reflectirte Sonnenbild benutzt werden, und statt einer Spalte die von einer innen geschwärzten Glasröhre im Sonnenscheine reflectirte Lichtlinie. Das Schwärzen geschieht mit schwarzem Siegellad. Man kann das Fernrohr nach dieser Lichtquelle richten oder auch mit bloßem Auge durch die Beugungs-

öffnungen sehen. Daß in letzterem Falle die Lichtquelle sich in der Entfernung des deutlichen Sehens befinden und die Beugungsöffnung sehr fein fein müsse, bedarf kaum der Erwähnung. Man kann also hierzu nur jene Hülsen verwenden, welche keine in Stanniol geschnittene Oeffnungen haben, und es ist dieses jedenfalls die einfachste Art, regelmäßige Beugungserscheinungen hervorzurufen. Man bedarf nämlich nur einiger Stückchen Blech oder Holz mit einer etwa einen Drittelfoß großen Oeffnung, über welche man ein Stückchen Stanniol klebt. Runde Oeffnungen sticht man mit einer Nähnadel, Spalten schneidet man auf einer Unterlage von Glas mit dem Federmesser; es braucht für letztere Nichts ausgedschnitten zu werden.

Will man ganz feine und regelmäßige Gitter, so müssen diese auf Glas mit der Theilmaschine geschnitten und also fertig gekauft werden.

Wenn es sich nur um Beugungserscheinungen überhaupt handelt, so hat man überall Gelegenheit, solche zu beobachten; man darf nur durch eine Spalte zwischen den Fingern nach dem hellen Himmel sehen, so findet man zwei bis drei Streifen, die oft sogar ein wenig gefärbt sind; das Gleiche ist der Fall, wenn man bei halbgeschlossenen Augen durch die Augenwimpern nach einem entfernten Lichte, oder durch ein Stück Seidenzeug nach einem solchen sieht, z. B. durch den aufgespannten Regenschirm nach einer entfernten Straßenlaterne, wo sogar die Spectra recht deutlich werden. Auch durch die Fahne einer Vogelfeder, ganz besonders durch das Ende der Schwanzfedern des Truthahns sieht man sehr schöne Spectra. Allein so häufig auch solche Erscheinungen in der Natur sind, so kann man dennoch die Anfertigung der eigenen Beugungsapparate nicht wohl umgehen, weil man in diesen Erscheinungen die Beugung erst wieder erkennt, wenn man sie in ihren einfachen Formen vorerst kennen gelernt hat.

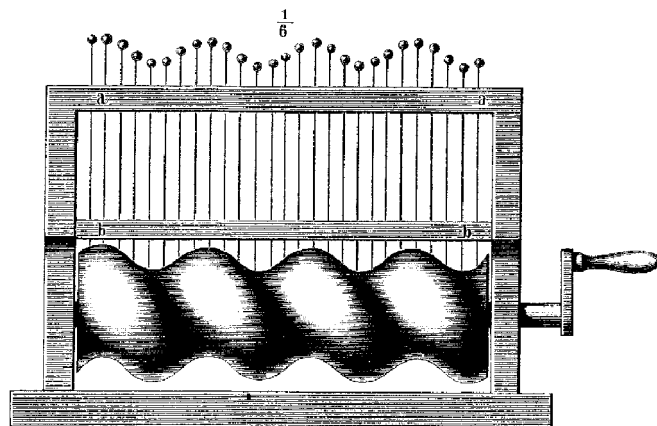
F. Versuche über die Polarisation des Lichtes.

201 Beschaffenheit des polarisirten Lichtes. Die Art der Schwingung der Aethertheile im polarisirten Lichte wird sehr deutlich durch den in Fig. 423 abgebildeten Apparat dargestellt.

Er besteht aus einer hölzernen gewundenen und durch eine Kurbel drehbaren Walze, zu deren Anfertigung meist jeder Holzdreher eingerichtet ist; sie muß aber aus hartem dichten Holze gemacht und sorgfältig abgeschliffen werden. In dem Gestelle der Walze sind eine Anzahl starker Stricknadeln in genau senkrecht über einander stehenden Röhren der beiden Reisten *aa*, *bb* leicht beweglich und

tragen oberhalb Glasperlen. Wird die Walze gedreht, so machen alle Perlen die Bewegung, wie die Theile des Lichtäthers im polarisirten Lichte.

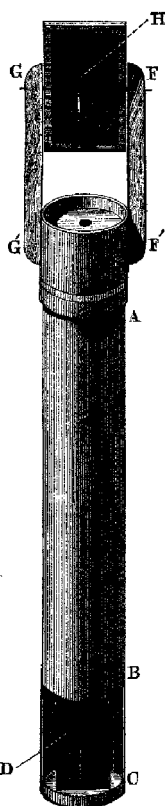
Fig. 423.



Polarisationsapparate. Die einfachste Vorrichtung für die hierher 202
gehörigen Versuche besteht in einer Röhre *ABC* (Fig. 424 a. f. S.) aus Pappe, am kürzesten von einem alten Fernrohre, aus der man einerseits bei *BC* die Hälfte ausgeschnitten hat; sie erhält bei *C* einen ganz geschlossenen, bei *B* aber und am anderen Ende der Röhre einen Boden mit einer centralen Oeffnung von etwa einem halben Zoll Durchmesser; letztere wird, wie die Figur zeigt, nicht ganz an das Ende der Röhre gesetzt. Die ganze Röhre wird innwendig geschwärzt. In den ausgeschnittenen Theil *BC* leimt man ein Klößchen, wie Fig. 425 (a. f. S.), dessen untere Fläche *MNO* nach der Röhre gekrümmt ist, dessen obere Fläche aber mit dieser einen Winkel von $35^{\circ} 25'$ macht; diese obere Seite wird mit etwas Klebwachs bestrichen und darauf der unterhalb geschwärzte Polarisations-
spiegel *D*, Fig. 424 (a. f. S.), gelegt. Oberhalb steckt man zwei kurze Röhren von Pappe *A*, *E* — die nächst größere des alten Fernrohrs — an, wovon die eine, die innere, fest geleimt wird, die andere aber nicht. An letztere leimt man dagegen diametral einander gegenüber zwei Stäbchen von Holz, *FF'*, *GG'*, zwischen welche oberhalb ein zweiter schwarzer Spiegel *H* kommt. Letzterer kann entweder unmittelbar in einen Falz gefittet werden, den man unter dem Polarisationswinkel für Glas in die beiden Stäbchen geschnitten hat, oder man kann ihn auf ein Brettchen kleben, durch welches eine Axe geht, an der sich der Spiegel mit Reibung zwischen den beiden Stäbchen drehen läßt. Statt der Röhre mit den beiden Stäbchen und dem Spiegel kann man auch andere Röhrenstücke

auffteden, in welchen andere Analysirungsapparate angebracht werden können, wie eine Turmalinplatte, ein Doppelspathprisma u. dergl., von welchen später die Rede sein wird.

Fig. 424.



Man kann auch einen solchen Polarisationsapparat auf ein Brettchen *MM*, Fig. 426, leimen, welches auf dem Gestelle *O* in dem Gelenke *K* sich bewegen läßt.

Ein solcher Apparat hat das Unbequeme, daß man nicht gut bei allen Stellungen des oberen Spiegels in denselben sehen kann, und daß er bei senkrechter Stellung künstliche Beleuchtung durch eine auf einem niederen Stative befindliche Lampe nöthig hat. Wenn letzteres auch für den Fundamentalversuch der Polarisation zweckmäßig wäre, so ist es doch für die Versuche mit Krystallplatten unbrauchbar; in schiefer Lage bleiben aber letztere nicht in der gehörigen Stellung auf dem oberen Boden des Apparates. Wenn man indessen die Röhre auch bei *BC* ausschneiden und statt des Spiegels *D* eine Glasplatte einschieben, sowie den Boden mit einem kleinen Spiegel belegen, also den Apparat zu einem Nörremberg'schen machen wollte, so würde man doch nicht die Brauchbarkeit des letzteren erreichen. Wenn man nun auch je nach der Ausdehnung, welche die Unterrichtszeit und die Vorbereitung der Zuhörer erlaubt, nicht ge-

Fig. 425.



rade immer im Falle ist, sich weiter auf die Polarisationsercheinungen in verschiedenen Krystallen einzulassen, so bedarf man doch einer hierzu brauchbaren Vorrichtung für sich. Der bequemste Apparat

ist bis jetzt offenbar der von Nörremberg angegebene, den man sich in zu allen Versuchen brauchbarem Zustande ebenfalls selbst anfertigen kann, wenn die Mittel zu dessen Anschaffung in unversümmelter Gestalt nicht zu reichen; denn nicht alle unter diesem Namen verkauften Werkzeuge sind zu allen Versuchen brauchbar. Fig. 427 und 428 (f. S. 306) zeigen denselben in $\frac{1}{4}$ der natürlichen Größe.

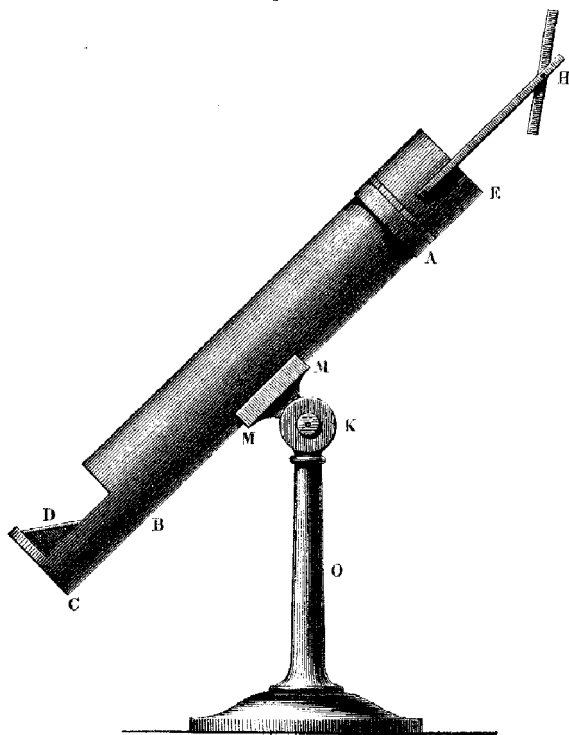
Auf einem viereckigen oder runden Klöschen von Holz sind zwei runde Stäbe befestigt, welche entweder aus altem, schon längst dünn geschnittenem

Holz
sie
legt

man
An t
das
Reib
man
oder
einen
diese
um r
besser
legen

Holze oder auch aus Messingdraht gemacht werden; in letzterem Falle müssen sie verhältnißmäßig schwächer genommen werden. Zwischen den Stäben legt man auf Papierunterlage einen viereckigen oder runden Spiegel *c*, den

Fig. 426.



man durch Papierstreifen ringsum festleimt oder durch Messingschienen befestigt. An die Stäbe werden zwei Würfel aus Kork *DD* geschoben, zwischen welchen das mit einem Rähmchen und einer Aze versehene Spiegelglas *AB* sich mit Reibung drehen kann. Einfacher wird das letztere und gleich zweckmäßig, wenn man die Würfel *DD* mit einem solchen Falze versieht, daß das hineingekittete oder auch nur hineingeschobene Glas *AB*, das dann kein Rähmchen erhält, einen unveränderlichen Winkel von $35^{\circ} 34'$ mit der Verticalen macht. Bevor diese Würfel angeschoben werden, schiebt man an einen der Stäbe einen Kork, um welchen man vorher einen etwas starken Draht gelegt hat, Fig. 429 (a. f. S.), dessen Ende ebenfalls in einen Ring gebogen ist, in welchen man eine Loupe legen kann; die Mitte des Ringes muß mit der verticalen Aze des Instrumentes

zusammenfallen. Für die meisten Versuche wird er mit dem Kork seitwärts gedreht; da der Kork fest an dem Stabe steckt, so bleibt der Ring in jeder Lage, die man ihm geben will, stehen.

Fig. 427.

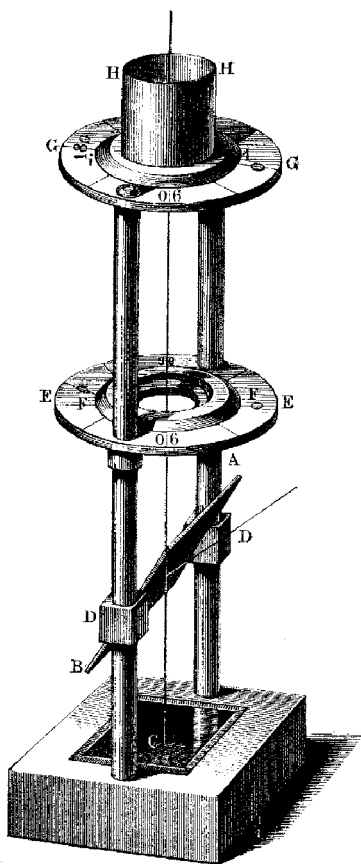


Fig. 428.

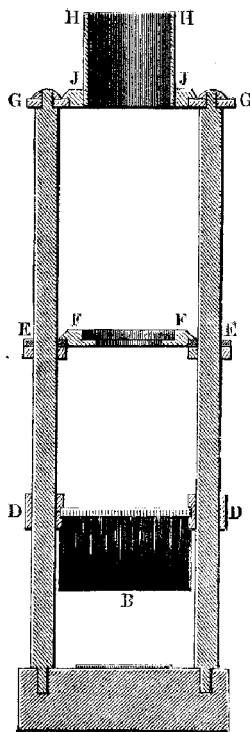
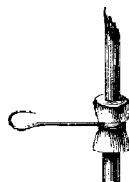


Fig. 429.



Ueber dem Spiegel befindet sich, ebenfalls auf die Stäbe geschoben und von zwei vorher angeschobenen Korkringen getragen, eine runde Scheibe aus Messing, Holz oder Pappe. Letzteres Material ist das zweckmäßigste, wenn man den Apparat selbst verfertigt. Die Pappe erhält die erforderliche Festigkeit durch

Ueber
ziehen
Ring
trifft

4
schür
tränkt
wird
nomm
zu,
2 Li

einen
Fig.
und
man
der S
hat e
der e
durch
gefest

Theil
Fläch
der i
werd
Nicht

ein,
schrie
Papp
Letzte
flüssi
erhält
auf
steht.

Ueberleimten mit Papier, wobei man den heißen Leim etwas in die Pappe einziehen läßt; oberhalb nimmt man weißes, unterhalb schwarzes Papier. Dieser Ring hat in der Mitte eine kreisrunde, mit der Axe des Instrumentes concentrische Oeffnung, in welcher ein zweiter, in Fig. 430 besonders abgebildeter

Fig. 430.



Ring sich drehen läßt. Letzterer wird aus zwei übereinander geleimten Ringen zusammengesetzt, wovon der untere etwas kleiner ist, aber auch eine kleinere Oeffnung hat, als der obere; der Rand des letzteren wird zugescharft, was mit der Feile leicht und genau geschehen kann, da mit Leim getränkte Pappe eine hornartige Consistenz erhält. Eine Platte aus Spiegelglas wird rund geschnitten, so daß sie in den Ring FF paßt, aber leicht herausgenommen werden kann; ebenso richtet man eine Scheibe aus Blech oder Pappe zu, welche in die Oeffnung paßt, und in der Mitte selbst eine kleinere etwa 2 Linien weite Oeffnung hat; sie wird wie der Ring FF geschwärzt.

Bevor der obere Ring GG aufgesteckt wird, schiebt man auch hier auf einen der senkrechten Stäbe einen mit einem Drahtringe versehenen Kork, wie Fig. 429. Der Ring GG wird auf die verdünnten Enden der Stäbe gesteckt und durch darübergeschobene Korkringe gehalten, oder auch festgeleimt, wenn man sich einmal von der Richtigkeit des ganzen Apparates überzeugt hat. Auch der Ring GG ist oben mit weißem, unten mit schwarzem Papier beleimt und hat eine kreisrunde Oeffnung, in welcher sich ein zweiter Ring II drehen kann, der ebenfalls aus zwei Pappscheiben zusammengeleimt ist wie FF , aber eine durchweg gleich weite Oeffnung hat, in welche die kurze Pappröhre HH eingesetzt ist.

Die Ringe EE , GG sind in Achsekreise getheilt und das Null der Theilung fällt mit der Reflexionsebene des Spiegels AB zusammen; die schiefe Fläche der Ringe FF , II dagegen trägt nur einen einzelnen Strich als Zeichen, der über die ganze Länge von HH hinaufreicht. In die kurze Pappröhre HH werden die Analysirungsapparate gesteckt und mit ihr um den polarisirten Lichtstrahl gedreht.

Unter den Analysirungsmitteln nimmt die erste Stelle der zweite Spiegel 203 ein, welcher ganz so gemacht werden kann, wie dieses bereits bei dem zuerst beschriebenen Polarisationsapparat angegeben wurde. Die den Spiegel tragende Pappröhre kann in die Röhre HH passen, oder über sie geschoben werden. Letzteres ist bequemer, da man dadurch für die beiden Holzstäbchen ohne überflüssige Verlängerung des Apparates eine gehörig lange Fläche zum Anleimen erhält. Diese Röhre erhält jedenfalls ein Zeichen, welches mit dem Zeichen auf HH correspondiren muß, wenn der zweite Spiegel mit dem ersten parallel steht.

In eine zweite in *H* passende Röhre befestigt man oberhalb einen Boden, der so weit ausgeschnitten wird, daß man eine der Turmalinplatten aus der Turmalinlange, von der später die Rede sein wird, hineinbringen kann. Man

Fig. 431.

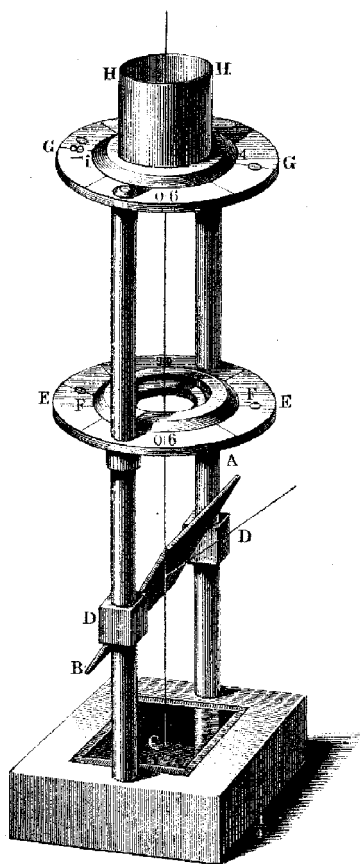
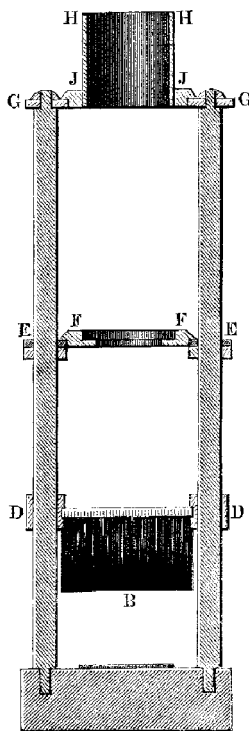


Fig. 432.

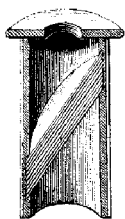


zeichnet die Lage, welche die Platte haben muß, wenn ihre Axe in der Polarisationsebene liegt und zugleich das Zeichen auf dem Ringe *II*, Fig. 432, mit dem Nullpunkte der Theilung zusammenfällt, auf dem Boden der zu ihr gehörigen in *HH* passenden Pappröhre. Diese Lage der Axe ist auch am verschliffenen Krystalle leicht zu erkennen; er läßt nämlich in dieser Lage kein durch den Spiegel *AB* polarisirtes Licht durch.

und
genei
Röhy
auf i
dem
einge
glas
gem
durch
sichti
es ni
Röhy
hen,
wen
käme
Bode
werd
ein B

linet
durch
ein g
bar i
imme
steter
Das
freich
tem
des C

In eine dritte Röhre kommen 8 bis 10 Glasplatten aus sehr dünnem und weißem Glase; sie erhalten in der Röhre eine gegen ihre Axe unter $35^{\circ} 34'$ geneigte Lage. Man erreicht dieses am besten, wenn man in die in *HH* passende Röhre eine zweite einleimt, die unter dem erwähnten Winkel abgeschnitten ist; auf diese legt man die Glasplatten und befestigt sie durch ein anderes unter demselben Winkel abgeschnittenes Röhrenstück, welches von der unteren Seite eingeleimt wird. Man trifft wohl mitunter sehr dünnes und weißes Spiegelglas unter den verschiedenen Kästen der Glashändler; es ist jedoch seltener weiß genug, als man meinen sollte, um bei 8 bis 10 Platten noch gehörig Licht durchzulassen. Es giebt indessen Glas von ausgezeichnete Dünne und Durchsichtigkeit, was man nöthigenfalls sich von einem Opticus kauft. Sollte man es nicht in der erforderlichen Größe erhalten, so daß es eine in *HH* passende Röhre ausfüllt, so läßt man eine in *HH* passende Röhre aus Lindenholz drehen, die so weit gebohrt ist, daß sie zu den vorhandenen Platten paßt. Selbst wenn die Röhre dadurch auch nur eine Oeffnung von einem halben Zoll bekäme, so wären die Platten noch brauchbar. Auch diese Röhre erhält oben einen Boden mit einer nur etwa einen Viertelzoll großen Oeffnung. Innerhalb werden ihre Theile vor der Zusammenfügung geschwärzt, und außen bekommt sie ein Zeichen in solcher Lage, daß die Platten mit dem Polarisationspiegel parallel sind, wenn dieses Zeichen dem *O* der Theilung entspricht. Eine solche Röhre zeigt Fig. 433.



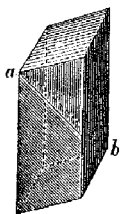
Eine vierte in *HH* passende Röhre enthält ein durch Glas achromatisirtes Doppelspathprisma. So wenig Widerstand der Doppelspath dem Schleifen entgegensetzt, so dürfte es doch im Allgemeinen gerathener sein, ein solches Prisma vom Opticus zu kaufen. Gerade seine Weichheit ist nämlich seiner Verschleifung hinderlich, weil selbst zarte Polirmittel noch im Stande sind, die vorher richtig geschliffenen Flächen zu ändern.

Uebrigens werden dazu gehörig reine Rhomboeder von 15 bis 20 Millimeter Höhe und 10 bis 15 Millimeter Dicke verwendet; der Schnitt wird durch die beiden stumpfen Ecken geführt und das weggeschnittene Stück durch ein gleich großes Glasstück ersetzt. Doppelspath, der zu optischen Zwecken brauchbar ist, ist zwar in neuerer Zeit wieder billiger geworden, da er aber doch noch immer theuer genug ist, so sägt man das Rhomboeder mit einer Laubsäge unter steter Befuchtung mit Wasser entzwei, um beide Hälften brauchen zu können. Das Schleifen der gesägten Fläche geschieht mit dem feinsten Smirgel auf einem frischen Stücke Spiegelglas, die Politur wird auf feinem Filze mit geschlämmtem Englischroth (Colcothar) bewirkt. Die beiden zusammengehörigen Flächen des Glases und des Doppelspathes werden mit fast farblosem Canadabalsam zu-

sammengefittet und die vier Seiten, durch welche der Schnitt geht, mit einem schwarzen Papiere umwickelt, welches man vorher mit Kleister bestrichen hat. Gewöhnlich kittet man auch auf die frei bleibenden Seiten des Doppelspath's danach zugeschliffene Plättchen von dünnem Glase mittelst Canadabalsam, damit er gegen Risse u. dergl., welche seine Oberfläche undurchsichtig machen würden, geschützt sei. Auch dünnflüssiger Canadabalsam erhärtet an der Luft nach einiger Zeit; ist er aber an sich schon dickflüssiger geworden, so thut man gut, die zu kittenden Stücke vorher zu erwärmen. Ist der Canadabalsam zu zähe geworden, so ist er nicht mehr gut zu gebrauchen, und man muß denselben mit rectificirtem Terpentinöl unter Erwärmung verdünnen. Es dauert immer ziemlich lange, mehrere Wochen, bis mittelst Canadabalsam gefittete Stücke so fest geworden sind, daß man sie weiter verarbeiten kann. Viel rascher erhärtet dieser Kitt, wenn man den festgewordenen Canadabalsam in Schwefeläther löst, wobei man etwa doppelt so viel Aether als Balsam nimmt; so gefittete Stücke können schon nach wenigen Tagen gebraucht werden; für mikroskopische Objecte taugt dieses Mittel aber nicht viel.

Inlegt man in ein Stück Kork von der Dicke $a b$, Fig. 434, ein zu dem Prisma passendes Loch, so daß das Prisma ohne Mühe hineingeschoben werden kann und doch fest sitzt. Der Kork wird nun in eine in den

Fig. 434.



Polarisationsapparat passende Röhre so befestigt, daß die zur Krystallaxe senkrechte Linie sich der verticalen Stellung nähert. Auch an dieser Röhre wird äußerlich ein Zeichen angebracht, welches die Stellung des Hauptschnittes des Krystalls anzeigt und beim Einstecken mit dem Zeichen der Röhren des Polarisationsapparates übereinstimmen muß.

Den Fundamentalversuch zur Lehre von der Polarisation muß man in jedem Falle so anstellen, daß das polarisirte Licht auf den oberen Spiegel des Polarisationsapparates geleitet wird, es mag dieser nun ein Nörrenbergischer oder ein anderer sein. Man wählt hierzu eine in passende Lage gestellte Kerzenflamme, und läßt die Zuhörer einzeln das Bild der Flamme im Spiegel verfolgen, während man denselben langsam um 180° um die Axe des Apparates dreht. Objectiv läßt sich der Versuch mit den Spiegeln nicht wohl machen, da bei der Drehung des oberen Spiegels das Bild bald in größerer, bald in geringerer Entfernung, bald in senkrechter, bald in schiefer Richtung die Wände des Zimmers trifft und schon deshalb seine Intensität wechselt, ganz abgesehen davon, daß bei der Anwendung von Sonnenlicht immer zu viel nicht polarisirtes Licht auf den zweiten Spiegel kommt, als daß nicht auch in gekreuzter Lage etwas Licht von demselben reflectirt werden sollte. Nimmt man aber als Kopf des Polarisationsinstrumentes eines der anderen Analysirungs-

mittel, so läßt sich der Versuch auch objectiv mit Sonnenlicht im dunklen Zimmer machen. Am wenigsten ist dieses aber bei dem achromatischen Doppelspathprisma der Fall. Man legt bei diesen Versuchen auf das mittlere Tischchen des Polarisationsapparates eine Blende mit einer Oeffnung von etwa 2 Linien Breite.

Die Turmalinzange. Fig. 435 zeigt den ganzen Apparat in seiner 204 Zusammenfegung verjüngt und Fig. 436 eine einzelne Turmalinplatte in ihrer Fassung in natürlicher Größe. Die parallel mit ihrer optischen Axe geschliffene Platte wird in Kork gefaßt und dann in eine genau ihrer Dicke entsprechend ausgebrehte Fassung von Messing gedrückt. Die Oeffnung *ab* in dieser Hülse wird so groß gemacht, daß ihre Ränder den Krystall nur noch in seinen größten Dimensionen fassen; der noch unbedeckte Kork, sowie die vordere Seite der Messinghülse selbst wird geschwärzt. Die Dicke der Turmalinplatte, wie sie die Figur zeigt, ist auch für die hellgrünsten Sorten zureichend. Es ist der Arbeit wegen überhaupt vortheilhafter, durchsichtigere Sorten zu nehmen, wenn sie auch etwas theurer sein sollten, weil man sie nicht so dünn zu schleifen braucht, obwohl die dunkler gefärbten das Licht besser polarisiren. Solche dunkle Platten müssen oft papierdünn geschliffen werden, um sie gehörig durchsichtig zu machen, und hierbei brechen sie leicht; jedenfalls müssen dieselben schon zum Schleifen auf eine Glasplatte gekittet werden. Letzteres geschieht übrigens auch dann, wenn die Platten noch eine Dicke von 1 bis 1½ Millimeter haben, was die gewöhnliche Stärke ist; die Platten sind so vor Beschädigungen viel mehr gesichert. Der Draht, welcher beide Platten verbinden soll, wird wie in Fig. 435 gebogen, und außerdem erhält jedes

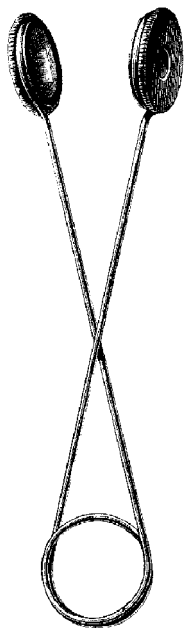


Fig. 436.



Ende einen Ring von der Größe, wie es die außerhalb um die Fassung angebrehte Kehle erfordert. Vermöge der Elasticität des Drahtes — hart gezogener Messingdraht, auch versilberter Kupferdraht — kann man dann die Fassung ohne viele Mühe in den Ring drücken und mit einiger Reibung darin drehen. Bei etwas dicken Krystallen hat diese einfache Form der Turmalinzange den Uebelstand, daß sich dann die Turmaline nicht mehr eben auf den Krystall legen; dieser wird nur noch unten gehalten und kann leichter herausfallen und beschädigt werden. Außerdem geht die

Zange auf, wenn man sie drückt, also gerade gegen das gewöhnliche Verhältniß bei einer Zange; auch dadurch können die dazwischen befindlichen Krystalle herausfallen, was um so leichter eintritt, wenn man die Zange beim Unterricht ungeübten Händen überlassen muß. Beiden Uebelständen wird, nach Ohm, ab-

Fig. 437.

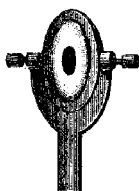


Fig. 438.



Fig. 439.



Fig. 440.



Fig. 441.



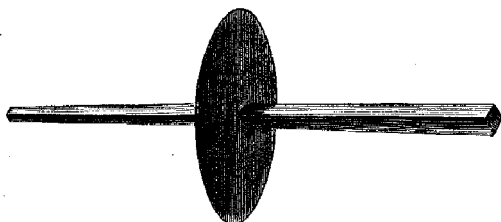
205

geholfen, wenn man die Fassungen zwischen spitze Schrauben in die Enden eines umgebogenen starken federnden Messingbleches anbringt; Fig. 437 zeigt das eine Ende einer solchen Zange und Fig. 438 den Durchschnitt der Fassung durch die Schrauben. Die Turmaline werden sogleich gekreuzt gefaßt. Wenn man aber zum Zwecke des Unterrichts den einen Turmalin beweglich braucht, so zeigen Fig. 439, 440, 441 eine dazu dienende Fassung. Der Ring Fig. 440 ist nur in den Spitzen der Schrauben, aber nicht in seiner Ebene drehbar; dagegen kann sich die Fassung Fig. 439 in dem Ringe Fig. 440 drehen, und der Turmalin wird durch die zweite Fassung Fig. 441, welche in die erste geschraubt wird, gehalten; so läßt sich der Turmalin in seinem Ringe drehen.

Das Schleifen der Krystalle. Was

nun das Schleifen solcher Turmalinplatten betrifft, so gehört dieses zu den schwierigeren Arbeiten, weil sie sehr hart sind. Da man übrigens bei dem Studium der Polarisations-Erscheinungen doch öfter in den Fall kommen kann, sich Platten aus härteren Steinen schleifen zu müssen, so verlohnt es schon die Unkosten der Einrichtung. Bergkrystallplatten kann man zwar aus dem Rohen bei Krystall- und Granatschleifern zuschleifen lassen, welche in der Regel sehr billig arbeiten; allein da sie auf dem runden Stein schleifen und poliren, so können sie keine ebenen Flächen liefern, und man muß

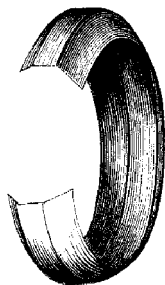
Fig. 442.



also das Ebenschleifen und das Feinschleifen, sowie das Poliren doch wieder selbst thun. Turmalin ist für sie übrigens zu hart.

Um solche Mineralien selbst zu schleifen, nimmt man eine runde Scheibe aus liniendickem Kupferblech von etwa 2 Zoll Durchmesser, durchbohrt sie in der Mitte und treibt einen verjüngt zulaufenden eisernen Dorn hinein, Fig. 442. Dieser wird auf der Drehbank entweder einerseits in ein Futter von viereckiger Oeffnung gesteckt, oder zwischen zwei Spitzen genommen und durch den Mitnehmer und ein Herz herumgeführt. Die Scheibe wird abgedreht und mit einem langsam zulaufenden scharfen Rande versehen *). Man macht nun aus Blech

Fig. 443.



eine Rinne wie Fig. 443, deren Oeffnung so groß ist, daß man die Kupferscheibe hineinbringen kann. Die Rinne umfaßt etwa $\frac{1}{5}$ bis $\frac{3}{6}$ des Umfangs und wird so auf ein Klößchen von entsprechender Höhe befestigt, daß sie ihren Ausschnitt dem Gesichte des Arbeiters zukehrt und die Kupferscheibe beinahe deren Boden berührt. In diese Rinne bringt man von einem dünnen Brei aus gewöhnlichem Smirgel und Del so viel, daß die Scheibe nur darin eingetaucht bleibt und setzt dieselbe mittelst der Drehbank in möglichst rasche Umdrehung. Eine solche Scheibe dient zum Entzweischneiden der härteren Krystalle über-

haupt, und schneidet Turmaline sehr rasch durch.

Zum Ebenschleifen läßt man auf eine hölzerne Scheibe von 3 Zoll Durchmesser und einem halben Zoll Dicke einen liniendicken zusammengelötheten Reif aus Kupfer treiben, in welchen ein Boden von gleicher Dicke gelöthet ist, so daß das Kupfer wie ein Dofendeckel auf das Holzfutter paßt, welches auf die Spindel der Drehbank geschraubt wird. Besser als dieses und dauerhafter, wenngleich etwas theurer, ist es, wenn man aus Stangenkupfer eine Scheibe von dem angegebenen Durchmesser, aber nur etwa $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke schmieden läßt, sie durchbohrt, ein Stück Kupfer oder Messing einlöthet und dieses mit einer in die Spindel der Drehbank passenden Schraube versieht. Sollte man letztere Arbeit scheuen, so könnte man sich auch damit begnügen, die rein gefeilte Scheibe so weit zu erhitzen, bis Siegellack darauf zerläuft, und sie dann auf ein mit brennendem Siegellack bestrichenes Holzfutter zu fitten.

Diese massive oder nur mit Kupfer überlegte Scheibe wird nun abgedreht, so daß ihre vordere Seite möglichst eben und auch ihr Rand nur wenig convex wird. Auch diese Scheibe läßt man in einem Ringe, wie Fig. 443, laufen,

*) Kupfer ist unangenehm zu drehen und zu bohren; wenn man es nicht fleißig, am besten mit Seifenwasser, benetzt, verliert man viele Zeit.

um sie beständig mit frischem Smirgel zu versehen, so lange man auf deren cylindrischer Fläche schleift, und hier schleift man nun die Krystallplatten aus dem Roßen zurecht, indem man ihre Flächen immer lieber etwas concav als convex hält, was die Scheibe an sich schon mit sich bringt. Um die Platten gehörig handhaben zu können, werden sie mittelst Siegelacks auf Korkstöpsel gefittet, nachdem man sie vorher mittelst Seife gehörig vom Oele der früheren Bearbeitung befreit hat.

Hat eine Fläche die gehörige Gestalt und Richtung erhalten, so schleift man dieselbe auf der Vorderfläche der Kupferscheibe eben, nachdem man den Blechring Fig. 443 entfernt hat. Smirgel trägt man dabei mit einem Stäbchen auf und läßt die Scheibe nur ganz langsam laufen; dagegen führt man die zu schleifende Platte in Epicykloiden auf der Kupferscheibe herum und untersucht deren Zustand fleißig mit einem stählernen Lineale. Zum Feinschleifen nimmt man nach sorgfältiger Reinigung der Kupferscheibe feineren Smirgelbrei, und die letzte Arbeit nimmt man mit ganz feinem Smirgel auf einem Stücke Spiegelglas vor. Von der Feinheit, mit der der Krystall mattgeschliffen wird, hängt in allen Fällen der Erfolg ab, und man darf sich dabei die Mühe und Sorgfalt nicht verdrießen lassen. Das Polirmittel kann keine Unebenheiten mehr ausgleichen, außer bei ganz weichen Substanzen. Schleifsteine (Abziehsteine) jeder Art sind für Turmaline zu weich zum Feinschleifen, selbst Bergkrystall wird durch dieselben nur noch schwach angegriffen; besser sind sie für Glas und noch weichere Substanzen, bei welchen sie die Arbeit rasch fördern. Das Poliren geschieht auf der schon bei dem Artikel „Pendel“ beschriebenen Polirscheibe unter möglichst rascher Umdrehung mit Wasser und Englischroth, zuletzt ziemlich trocken.

Der Turmalin kommt gewöhnlich in Säulen vor und die optische Ase ist mit der Längensaxe dieser Säulen parallel, wie beim Bergkrystall. Den Versuch mit gekreuzten oder parallelen Azen kann man übrigens mit den nächsten besten zwei durchsichtigen Turmalinstängeln machen, ohne daß sie deswegen geschliffen werden müßten.

Auf ähnliche Weise werden alle härteren Krystalle, die man brauchen sollte, behandelt; indessen ist es wohl selten, daß man außer Turmalin und Bergkrystall noch andere zu den gewöhnlichen optischen Zwecken selbst verarbeitet.

Weichere Substanzen schleift man immer nur auf Glas mit Smirgel, oder auch nur auf matt geschliffenem Glase oder einem Schleifsteine. Ein feiner gelber Welfstein ist zum Feinschleifen sehr wohl geeignet und giebt ein ausgezeichnetes Matt; nur Doppelspath bröckelt gern etwas aus, wenn man ihn auf einem Steine oder auf mattem Glase ohne Schleifmittel schleift. Substanzen, die sich im Wasser auflösen, kann man roh ebenfalls mit Wasser zureichten; das Feinschleifen dauert länger und muß daher immer mit Del vorgenommen werden. Die Politur wird in allen Fällen gleich gemacht, selbst Salpeter erträgt

ein etwas feuchtes Polirmittel, nur Zucker muß ganz trocken oder unter schwacher Befenchung mit Del polirt werden. Weiche Substanzen kann man zwar mit Englischorth auch auf einem weichen Leintwandlappen poliren; es dauert aber immer länger und wird nie so schön wie auf der Scheibe. Glas läßt sich so nur noch mühsam poliren.

Fassung der Krystalle. Alle diese Krystalle werden in schön ge- 206
geschnittene oder gefeilte Korfscheiben gefaßt, die nur wenig dicker sind als die Krystalle selbst, und so breit, daß sie zwischen den beiden Theilen der Turmalin-
zange hervorragen. Wo man dergleichen haben kann, kauft man gezogene Messingröhren, wie sie zu den Auszugsernröhren gemacht werden, sticht Ringe von
passender Breite davon auf der Drehbank herunter und paßt dann die Korf-
platten hinein.

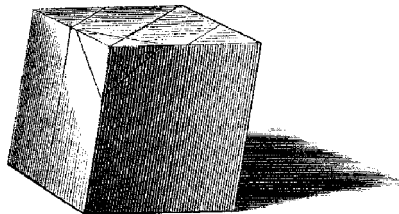
Solche Krystallplättchen, die entweder an sich zu dünn und also zu zerbrechlich wären, wie dünne Glimmer und Gypsplättchen, oder solche, welche an der Luft Feuchtigkeit annehmen oder sich sonst zersetzen und ihre Politur verlieren, wie Salpeter, Zucker, kohlensaures Blei u. dergl., kittet man mittelst Canadabalsam zwischen zwei runde Blättchen von gewöhnlichem dünnem Spiegel-
glase. Es ist dieses Verfahren aber auch für andere Krystalle zu empfehlen, da es die Durchsichtigkeit derselben wesentlich erhöht und Fehler der Politur ausgleicht. Man bringt dabei zuerst ein Tröpfchen Balsam auf das eine Glas und legt die Krystallplatte von ihrem Rande an in schiefer Richtung allmählig auf den Tropfen nieder, indem man ihn auseinanderdrückt; dann bringt man ein Tröpfchen Balsam auf den Krystall und macht es jetzt mit der zweiten Glasplatte wie vorher mit dem Krystalle. Bei dünnen Krystall-Lamellen füllt sich der noch übrige Zwischenraum der Platten mit Balsam, und sie halten hinlänglich. Bei dickeren Krystallen ist es nicht immer so, und es ist sehr gut, einen Streifen beleimtes Papier darum zu wickeln, bis der Balsam hart geworden ist. Jedenfalls klebt man einerseits ein schwarzes, andererseits ein weißes Papier auf die Glasplatten, in welche beide Papiere Oeffnungen nach der Größe des Krystalls geschnitten wurden. Das schwarze Papier wird bei der Beobachtung im
Polarisationsapparat gegen das Auge gehalten, das weiße erhält den Namen des Krystalls nebst der Bezeichnung der Lage optischer Axen u. dergl.; bei in Korf gefaßten Krystallen schreibt man letzteres auf den Korf selbst. Wenn die Krystallplatten dick sind, so ist es überhaupt gut, den um die Peripherie der Glasplatten geleimten Papierring daran zu lassen; man nimmt denselben zu dem Ende so breit, daß er ringsum auf beide Platten etwa eine Linie breit umgelegt werden kann, und schneidet den hierzu über die Fläche der Gläser hervorstehenden Papierrand ein; erst nachher klebt man dann das weiße und schwarze Papier auf. Die Gläser sind so vor allerlei zufälligen Schäden besser geschützt.

Man kann auch kleinere Glasplatten nehmen — runde oder paarweise gleiche viereckige — und in eine Korkscheibe, die so dick ist, als die Glasplatten sammt dem Krystalle, eine zu den Platten passende Oeffnung schneiden, dann zuerst die eine Glasplatte eindrücken, auf diese den Krystall fitten, und auf diesen und den Kitt die andere Glasplatte in den Kork drücken, wodurch man ebenfalls eine ganz gute Fassung erhält.

G. Versuche über die doppelte Brechung.

207 Für die Erläuterung der Gesetze der doppelten Brechung muß man zuerst die Krystallform des Kalispathes erläutern, sowie die damit verbundenen Begriffe von Hauptschnitt und Hauptaxe. Man verfertigt hierzu eine doppelte sechseckige Pyramide von Holz, deren Hauptaxe 4 bis 6 Zoll beträgt, sowie eine ähnliche mit abgestumpften Seitenkanten. Außerdem verfertigt man einen Rhomboeder von etwa 4 Zoll Seite, indem man die Kantenvinkel des Kalispathrhomboeders von $74^{\circ} 55'$ und $105^{\circ} 5'$ in Blech ausschneidet, um sie als Schablone zu benutzen. Man zeichnet sodann auf diesen Rhomboeder den Hauptschnitt und zwei mit ihm parallele, sowie zwei zur Hauptaxe senkrechte Schnitte, und läßt es nun von einem Schreiner mittelst einer Säge mit schmaler Bahn in den angegebenen Richtungen zerschneiden. Fig. 444 zeigt einen solchen

Fig. 444.



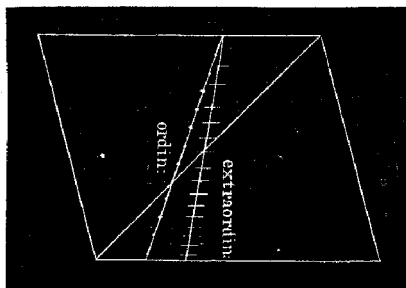
Rhomboeder. Auf die Schnittflächen leimt man nachher dickes Papier, um den Sägenschnitt zu ersetzen, und schlägt kurze Stifte in die Theile, um sie nach Belieben wieder zusammenstecken zu können. Auf dem Hauptschnitte und den mit ihm parallelen Schnitten zeichnet man auch durch einen starken Strich die Richtung der

Axe, sowie einen doppelt gebrochenen Lichtstrahl mit den Schwingungsrichtungen der Aethertheilchen im ordentlichen und außerordentlichen Strahl, wie in Fig. 445.

Für die Versuche mit dem Doppelspath muß man das vorhandene Stück desselben nur soweit zurecht spalten, daß man zwei einander gegenüberliegende reine Flächen hat. Bei dem Bergkrystalle ist jedoch die doppelte Brechung viel schwerer zu sehen, da die Lage der Flächen gegen die Axe der Erscheinung nicht günstig ist, und die eigenthümliche Streifung dieses Minerals das deutliche Hervortreten

derselben noch mehr hindert. Am besten ist es, einen etwa fingerdicken recht reinen Krystall auf allen seinen Krystallflächen oder wenigstens auf zweien nicht an einander liegenden und nicht parallelen Seitenflächen eben zu schleifen und wieder zu poliren.

Fig. 445.



Durch zwei solche Flächen sieht man die doppelte Brechung sehr gut; man kann sie dann auch als Prisma gebrauchen und im dunklen Zimmer einen Sonnenstrahl darauf leiten, wodurch man zwei, freilich dicht an einander liegende Spectra erhält. Sind alle natürlichen Flächen angeschliffen, so

kann man auch durch eine der Pyramidenflächen und eine Seitenfläche sehen. Zwei aneinandersetehende Flächen machen einen zu stumpfen Winkel mit einander, als daß sie gebraucht werden könnten. Man kann auch aus einem abfallenden Stückchen Doppelspath ein Prisma schleifen, wie es sich gerade giebt, um die doppelte Brechung im dunklen Zimmer zu zeigen; die Spectra fallen hier weit auseinander.

Die einzelnen Versuche, welche man über die doppelte Brechung anstellt, 208 müssen einerseits die Lage der beiden gebrochenen Strahlen gegen einander und ihren Polarisationszustand nachweisen, andererseits den Einfluß der doppelbrechenden Mittel auf polarisirtes Licht zeigen. Um das Erstere zu erreichen, legt man am besten einen Doppelspath auf weißes Papier über eine recht schwarze Linie, die aber nicht so lang ist, als die von der Dicke des Krystalls abhängige Entfernung beider Bilder; die Linie muß mit dem Hauptschnitte des Krystalls parallel sein. Da mehrere Personen zugleich die Beobachtung machen können, so dreht man den Krystall mit dem Papiere im Kreise herum, so daß der Hauptschnitt desselben nach und nach einem jeden Beobachter in das Gesicht kommt, also jeder die beiden Linien in einer Geraden hinter einander sieht, während in allen anderen Lagen das eine Bild nach und nach um das andere herumgeht.

Um den Polarisationszustand der beiden Strahlen zu zeigen, belegt man den Polarisationspiegel am Nörrenberg'schen Apparate mit weißem Papier und bringt auf das mittlere Tischchen eine Blendung mit einer nur etwa ein Millimeter weiten Oeffnung (bei dickeren Rhomboedern kann die Oeffnung größer sein, jedenfalls darf sie nicht so groß sein, daß die beiden Bilder sich zum Theil überdecken) und legt darauf den Doppelspath. Wird nun der zweite Spiegel

zur Analysirung des Lichtes verwendet, so sieht man in den Fällen, wo die Reflexionsebene des Spiegels mit dem Hauptschnitte des Krystalls gekreuzt oder parallel steht, nur ein Bild der Oeffnung in dem Tischchen, in allen anderen aber zwei, die nur dann gleich stark sind, wenn der Hauptschnitt mit der Reflexionsebene einen Winkel von 45° macht.

Ganz dieselbe Erscheinung erhält man, wenn man durch die Oeffnung im mittleren Tischchen des Polarisationsapparates polarisirtes Licht leitet, und die Oeffnung durch einen auf dem oberen Tischchen befindlichen Doppelspath betrachtet; darauf eben beruht die Anwendung des Doppelspathes als Kopf des Polarisationsapparates, wie derselbe oben beschrieben wurde.

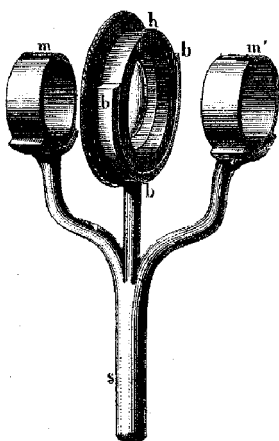
Wird nicht polarisirtes Licht durch denselben betrachtet, so zeigt er in jeder Lage zwei Bilder.

Zur Ergänzung kann hier noch der Versuch von Huyghens mit zwei Kalkspathrhomboedern übereinander gemacht werden, wovon das eine ruhig über einem weißen Papiere mit schwarzem Punkte liegen bleibt, während man das andere über diesem dreht, so daß die Hauptschnitte nach und nach alle Winkel zwischen 0 und 360 mit einander machen.

209

Ein sehr Beobachtung der Polarisationserscheinungen vorzüglicher Apparat ist das Nicol'sche Prisma. Zwei derselben in Kork und Messingröhren gehörig gefaßt, ähnlich wie dieses für das achromatische Doppelspathprisma oben beschrieben wurde, wirken wie die Turmalinze; sie lassen nur dann Licht durch, wenn ihre Hauptschnitte parallel stehen; sie haben aber vor der Turmalinze den Vortheil größerer Helligkeit, indem sie aus an sich farblosem Materiale bestehen. Man bekommt dieselben von den

Fig. 446.



Optikern zu verschiedenen Preisen, je nach dem Gehalte, d. h. je nach der Größe des dazu verwendeten Doppelspathes. Kauft man dergleichen — und es wird wohl das Kathsamste sein — so muß man sie doch nicht zu klein nehmen; die offene Fläche eines solchen Nicols sollte mindestens ein Centimeter Seite haben, und auch so ist das Gehalt noch ziemlich klein. Man kann zu einem Paare solcher Prismen eine Fassung machen, wie sie Fig. 446 zeigt. Die Nicols werden mit ihren Fassungen durch die federnden Hülften *mm* geschoben, bis sie an der Fassung des Krystalls anstoßen, welcher auf dem Träger *bbb* ruht. Statt des Trägers *b* kann man auch zwei federnde und mit

runder Oeffnung versehene Messingbleche anbringen, zwischen welche dann der Krystall kommt. Der Preis eines Paares solcher Nicols übersteigt den der Turmalinlinge ums Doppelte.

Man verfertigt jedenfalls auch eine Röhre, um das Nicol'sche Prisma auch am Polarisationsapparate statt des Spiegels gebrauchen zu können. Am besten dreht man hierzu eine kurze in die Röhre *HH*, Fig. 431, passende hölzerne Röhre, deren Oeffnung der Fassung des Nicol'schen Prismas entspricht.

H. Versuche über die Farben doppeltbrechender Krystallplatten im polarisirten Lichte.

Farben dünner Blättchen. Um die erforderlichen dünnen Blättchen leicht zu erhalten, sind nur Gyps und Glimmer geeignet, und von ersterem vorzugsweise der Gyps von Montmartre; von anderem Gypse erhält man zwar dicke und reine, namentlich wasserhelle Platten, was ihn zu einigen später zu erwähnenden Versuchen vorzugsweise geschickt macht, allein schwieriger dünne Blättchen von einiger Ausdehnung; ein Blättchen aber von einiger Ausdehnung und ziemlicher Feinheit hat man nöthig, um dasselbe in zwei zu zerschneiden, damit man zwei gleichdicke Blättchen erhalte. Es ist gut, wenn diese Blättchen nach dem Blätterdurchgange natürliche Kautengestalt haben, um die Richtungen der Axen bequemer bestimmen zu können. Sie werden mit dem Messer abgespalten.

Man kittet sie mit Canadabalsam zwischen reine Glasplättchen von höchstens einem Zoll Durchmesser und versieht sie mit den erforderlichen Aufschriften, welche die Farbe des Blättchens und allenfalls auch die Ordnung derselben nach den Newton'schen Ringen enthalten.

Andere Krystalle parallel mit der Ase so dünn zu schleifen, daß sie Farben zeigen, ist sehr schwierig, da selbst bei Bergkrystall die Dicke schon unter $\frac{1}{4}$ Millimeter betragen muß.

Keilförmig geschliffene Gypsblättchen kann man sehr leicht auf folgende Weise machen. Man nimmt ein reines Gypsblättchen, dessen Dicke $\frac{1}{2}$ bis $\frac{2}{3}$ Millimeter beträgt, hält es mit dem Finger flach auf die mit Englischroth versehene und etwas stark feuchte Polirscheibe und übt dabei gegen den einen Rand hin einen stärkeren Druck aus, während man die Scheibe schnell laufen läßt. Das Polirmittel ist scharf genug, um den weichen Gyps zu schleifen. Man setzt

das Schleifen fort bis der eine Rand des Blättchens sich ausschleift und die angegriffene Fläche eine Breite von etwa einem Centimeter hat. Auch diese Blättchen werden eingekittet. Will man die Streifen breiter, bis zu einer Linie breit haben, so kittet man ein etwa 2 Centimeter Seite haltendes Gypsblättchen auf ein viereckiges Stückerhen von dünnem Spiegelglase und läßt den Canadabalsam hart werden, was bei dünnflüssigem Balsam auch auf dem warmen Ofen oder in der Sonne einige Wochen erfordert. Man reibt dann mit einem Stückerhen Glase auf einer Spiegelplatte etwas Smirgel recht fein ab und schleift darauf den Gyps, den man nachher von der Hand auf der feuchten Polirscheibe polirt und auf welchen man dann eine zweite Glasplatte kittet.

211 Die Versuche selbst lassen sich am bequemsten mit dem Nürrenberg'schen Polarisationsapparate ausführen, wobei man den Spiegel als Analysirungsmittel anwendet. Die Krystallplatten kommen auf das mittlere Tischchen in solcher Lage, daß sie die Farben am schönsten zeigen und der obere Spiegel wird um den polarisirten Strahl gedreht. Die Gypsblättchen zeigen dabei im gekreuzten Spiegel die complementäre Farbe von jener, welche sie bei paralleler Lage beider Spiegel zeigen. Bringt man die keilförmigen Blättchen zwischen Nicol'sche Prismen oder in die Turmalinzange, so müssen sie sich in der Weite des deutlichen Sehens vom Auge befinden. Da dieses auch beim Polarisationsapparate gilt, so muß man für Kurzsichtige das mittlere Tischchen, wenn es nöthig wäre, herauf rücken.

Sind die Blättchen nicht überall gleich dick, so zeigen sie bunte Farben; die keilförmig geschliffenen Blättchen zeigen die Newton'schen Farben, und bei einfarbigem Lichte abwechselnd helle und dunkle Streifen. Man kann hier die Aufeinanderfolge der Newton'schen Farben am allerschönsten und bequemsten studiren. Sollte das Gypsblättchen zu steil sein, um die farbigen Streifen in gehöriger Breite zu sehen, so darf man nur auf den Drahttring, der an dem Rorte zwischen beiden Tischchen des Polarisationsapparates sich befindet, eine Loupe legen und sie in die zum deutlichen Sehen erforderliche Entfernung von dem Gypsblättchen bringen. Es ist dieses namentlich dann zu empfehlen, wenn man dadurch, daß man ein einfarbiges Gypsblättchen in gekreuzter Lage der Augen auf ein keilförmiges legt, erkennen will, welche Farbe des letzteren durch das erstere gelbicht wird, um hieraus zu entnehmen, welcher Ordnung das Roth, welches z. B. das erstere für sich allein zeigt, angehört. Dieses Auffuchen wird auch dadurch sehr erleichtert, wenn man das gleich dicke Blättchen so über das keilförmige legt, daß noch ein Theil des letzteren unter jenem hervorsteht; an dem hervorstehenden Theile entspricht dann jener Stelle, die im bedeckten Theile schwarz erscheint, ein farbiger Streifen von der Farbe des gleichdicken Blättchens. Die Ordnung der Farben ist nach Newton folgende: 1) Schwarz,

1) Blau, Weiß, Gelb, Roth; 2) Violett, Blau, Grün, Gelb, Roth; 3) Purpur, Blau, Grün, Gelb, Roth; 4) Grün, Roth; 5) Blau, Roth; 6) Blau, Roth; 7) Blau, Roth.

Da Gypsblättchen, wenn man sie so auf einander legt, daß die entsprechenden Schwingungsebenen zusammenfallen, die Farbe eines Blättchens von der Summe beider geben, oder, wenn sich die entsprechenden Schwingungsebenen kreuzen, eine Farbe von der Differenz beider, so geben dieselben ein Mittel, die schon vorher aus dem Verschwinden aller Farben an jedem einzelnen bestimmten Schwingungsebenen von einander zu unterscheiden, und es wird gut sein, wenn man die entsprechenden Schwingungsebenen an allen Blättchen auf der Fassung gleich bezeichnet. Wendet man als Analysirungsapparat das achromatische Doppelspath-Prisma an, so erscheinen dünne Blättchen doppelt, und die beiden Bilder sind complementär gefärbt. Sie wechseln ihre Farbe bei der Drehung des Prismas. An der Stelle aber, wo beide Bilder einander überdecken, erscheinen sie weiß. Es ist dieses auch ein gutes Mittel, die richtige Stellung des Doppelspathes in seiner Röhre zu ermitteln. Die überdeckte Stelle erscheint nur weiß, wenn beide Bilder gleich stark sind, und wenn dieses nicht der Fall ist, so ändert man die Stellung des Doppelspathes.

Wendet man ein Nicol'sches Prisma an, so sieht man das Blättchen nur einfarbig, die Wirkung ist übrigens übereinstimmend mit der Wirkung des Spiegels.

Man kann die Versuche auch machen, wenn man die Gypsblättchen nur auf einen am Fenster stehenden Tisch legt und sie durch einen der analysirenden Apparate in schiefer Richtung betrachtet.

Farbige Ringe bei Krystallplatten, welche senkrecht zur Axe 213 geschliffen sind. Vor allen muß hier der Doppelspath erwähnt werden. Man braucht zu diesem Versuche nur einen kleinen Rhomboeder, die Arbeit wird aber sehr erleichtert, wenn er regelmäßig zugespalten wurde, da dann die drei das stumpfe Eck des Rhomboeders bildenden Kanten gleich lang stehen bleiben müssen. Das Schleifen muß hier unter ganz gelindem Drucke mit Smirgel auf einer Glasplatte geschehen, da die kleinen Rhomboederecken leicht aus der geschliffenen Fläche ausbröckeln. Wenn die abgeschliffene dreieckige Fläche 5 Millimeter Seite hat, so kann man die Erscheinung schon gut sehen; die Platte muß jedenfalls auf die Dicke von etwa $1\frac{1}{2}$ bis 1 Linie heruntergebracht werden, weil sonst das Ringsystem einen zu kleinen Durchmesser erhält.

Die Beobachtung wird gewöhnlich mit der Turmalinzange gemacht, indem man die in Kork gefaßte Krystallplatte zwischen die Turmaline legt, deren Axen entweder gekreuzt oder parallel sind. Daß der Kork etwas dicker sein müsse

als die Platte, zur Schonung letzterer, wurde schon früher erwähnt. Schöner zeigt sich aber die Erscheinung zwischen zwei Nicol'schen Prismen. In beiden Fällen hält man den Apparat dicht vor das Auge gegen das helle Licht des Himmels gerichtet; die Lage der Krystallplatte ist dabei gleichgültig. Für die Beobachtung mit einfarbigem Lichte kann man entweder gefärbte Gläser anwenden — wenigstens wenn man zwei Nicol'sche Prismen statt der Turmalinze braucht — oder die mit Kochsalz gelb gefärbte Weingeistflamme, was jedenfalls vorzüglicher ist. Die Ringe scheinen dabei fast ins Unendliche fort vorhanden zu sein.

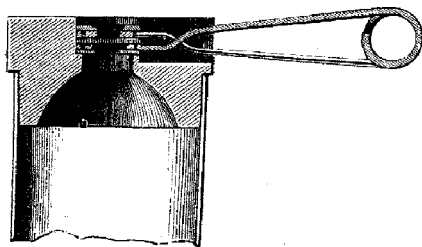
Hat ein Krystall, wie das schwefelsaure Nickel, selbst schon eine sehr intensive Färbung, so giebt er schon für sich abwechselnd helle und dunkle Ringe in großer Zahl, wenigstens wenn die Krystallplatte sehr dick ist — liniendick — oder wenn man die Turmalinze anwendet, deren Farbe jene des Krystalls unterstützt; darum zeigen sich auch die Ringe bei chromsaurem Kali in der Turmalinze weniger einfarbig. Da bei schwefelsaurem Nickel ein Blätterdurchgang senkrecht zur Axe stattfindet, so lassen sich solche Platten leicht erhalten; doch sind die Spaltflächen nicht immer ganz rein; auf der Polirscheibe oder dem Leinwandlappen hilft man indeß leicht nach, das Polirmittel darf aber kaum feucht werden.

Um die Ringe im Eis zu sehen, darf man nur ein ebenes Stück Eis aus einer Eisdecke von etwa 1 Zoll Dicke heraus schlagen und dasselbe zwischen die Turmalinplatten nehmen.

- 214 Diese Erscheinungen lassen sich sehr schön objectiv darstellen, wenn man Krystallplatten zwischen der Turmalinze oder noch besser zwischen Nicol'schen Prismen lediglich in den Brennpunkt der Beleuchtungslinse des Sonnenmikroskops bringt, ohne eine besondere Vergrößerungslinse anzuwenden; man fängt das Bild in beliebiger Entfernung auf einer weißen Wand auf.

Um die Turmalinze oder die Nicol'schen Prismen nicht halten zu müssen, da man die Hände zur Regulirung des Spiegels braucht, macht man sich einen eigenen Ansat von Holz, der in die Röhre *mm*, Fig. 418, paßt, und

Fig. 447.

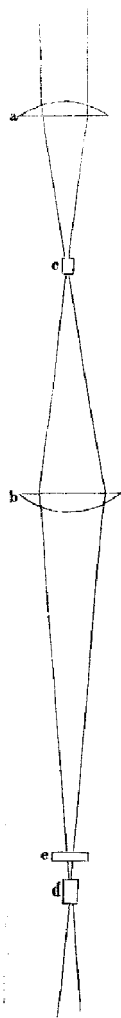


der vorn so weit ausgedreht und mit einem Einschnitte versehen ist, daß man die Turmalinze hineinsetzen und durch ein bewegliches Blechfederchen festhalten kann.

Fig. 447 zeigt eine solche Vorrichtung für die Turmalinze; die so er-

haltenen Bilder erscheinen natürlich auf durch die Turmaline gefärbtem Grunde. Eine ähnliche Einrichtung für Nicol'sche Prismen wird man sich je nach der

Fig. 448.



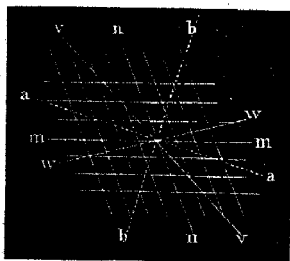
Fassung derselben leicht machen können; es gehören aber dazu Prismen von etwas größerem Schfeld, und diese sind sehr theuer. Prof. Kirchhof wendet zwei Linsengläser an, nach dem in Fig. 448 angegebenen Schema, um mittelst Nicol'scher Prismen von 1 Centimeter Seite objective Darstellungen zu erhalten. Die Linsengläser haben 5 bis 7 Zoll Brennweite und lassen sich vor der Heliostatöffnung auf einem Brettchen verschieben, wodurch es leicht gelingt, die gehörigen Stellungen zwischen den Linsen *a*, *b* und den Prismen *c*, *d* und dem Krystalle *e* zu erhalten. Andere Polarisations- und Analysirungsapparate, wie etwa Päckchen dünner Glasplatten (§. 203), können zwar hinlänglich großes und weißes Gesichtsfeld liefern, erfordern jedoch complicirtere Vorrichtungen. Bei solchen kann man dann auch noch Linsen zwischen der Krystallplatte und dem Analysirungsmittel anbringen, um ein vergrößertes Bild zu erhalten; so ist es bei dem Apparate von Watkins. Will man die Ringsysteme im gewöhnlichen Polarisationsapparate betrachten, so muß die Krystallplatte möglichst nahe, unmittelbar unter den Analysirungsapparat gebracht werden. Es geht dieses wohl bei dem Nicol'schen Prisma und dem Doppelpath-Prisma an (letzteres zeigt aber beide Ringsysteme — das schwarze und weiße Kreuz — einander theilweise überdeckend), keineswegs aber bei dem Spiegel; dagegen kann man bei letzterem die Ringe sehr gut sehen, wenn man auf das mittlere Tischchen des Polarisationsapparates eine Linse von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll Brennweite legt und über dieser auf dem Drahting etwa in der Brennweite oder näher an der Linse die Krystallplatte anbringt und eine zweite Linse in die Röhre *HH*, Fig. 427, einpaßt, welche gerade um ihre Brennweite von der Krystallplatte absteht. Auch mit letzterer Linse allein kann man die Ringe sehen, aber nur viel weniger deutlich, ebenso wenn man die Krystallplatten auf den unteren Spiegel legt und über ihnen in der Entfernung der Brennweite eine Linse anbringt. In letzterem Falle sind sie aber klein und doppelt, und darum undeutlich.

Man kann indessen bei dem Versuche mit zwei Linfen die Linfen auch in Röhren fassen und statt einfacher Linfen, Linsensysteme anwenden, wodurch es möglich wird, selbst in ganz kleinen Krystallen die Ringsysteme zu sehen; solche Apparate müssen aber vom Opticus gekauft werden und bedürfen darum hier keiner weiteren Beschreibung.

215 Unter den **zweiaxigen Krystallen**, deren Axen nur einen kleinen Winkel mit einander machen, so daß man eine Platte senkrecht zur Mittellinie schleifen und doch nach beiden Axen sehen kann, steht wohl im Allgemeinen nur der Salpeter zu Gebot. Wenn man selbst im Laden nachsucht, so findet man in jedem Fasse ziemlich viele dicke Krystalle; ihr Kern ist porös, aber ihre Seitenflächen sind mit mehr oder weniger glasigen, oft bis zwei Linien dicken Platten belegt. Von diesen sucht man die reinsten aus und sägt daraus Platten senkrecht zur Seitenfläche der Krystalle. Diese Platten werden auf einem Abziehsteine, oder einer matten Glasplatte geschliffen, wie gewöhnlich polirt und zwischen Glasplatten gefittet. Soll eine solche Platte um jede Aze 4 bis 5 geschlossene Curven zeigen, so muß sie $1\frac{1}{2}$ bis 2 Linien dick sein, bei der Dicke von etwa $\frac{1}{5}$ Linie schließt sich keine Curve mehr um eine Aze.

Unter den Krystallen, deren Axen einen großen Winkel machen, sind Gyps, Zucker und saures chromsaures Kali am leichtesten zu haben. Gyps kommt in Säulen und noch häufiger in Platten von ziemlicher Dicke und Reinheit vor. Diese Platten spalten aber gern parallel mit den optischen Axen in dünnere Platten. Außerdem finden sich zwei einander unter einem Winkel von ungefähr 67° durchkreuzende Blätterdurchgänge *mm*, *nn*, Fig. 449, wodurch eben die

Fig. 449.



diese Linie ist es, welche den Winkel von 60° halbiert, den die beiden optischen Axen des Gypses *vv*, *ww* mit einander machen, welche demnach leicht auf der Platte verzeichnet werden können. Man sägt nun aus dem Gypse eine zu der Ebene der Axen und zu einer derselben senkrechte, in der Axenrich-

abgespaltenen dünnen Blättchen die früher erwähnte rhombische Form erhalten. Nimmt man nun eine solche Platte zwischen die Turmalinlinge, und dreht sie zwischen derselben bei gekreuzten Turmalinen in eine der zwei zu einander senkrechten Lagen, wo kein Licht durchgelassen wird, so bezeichnen die Axen der Turmaline die beiden Linien *aa*, *bb* auf der Gypsplatte, und eine von diesen macht mit einem der Blätterdurchgänge einen Winkel von etwa 16° Graden, und

tung 2 bis 3 Linien dick und etwa quadratische Platte heraus, unwickelt sie über den Rand mit stark gewichstem Faden, um weiteres Spalten nach der Ebene beider Axen zu verhüten, und schleift und polirt sie dann. Die dicksten Platten brauchen höchstens eine Linie dick zu sein. Das Spalten kann man auch dadurch verhüten, daß man die Stücke senkrecht zu der zu schleifenden Ebene dick nimmt, eine Fläche anschleift und polirt, dann mittelst Canadabalsam eine Glasplatte aufstetst und erst nach dem Erhärten des Kittes die andere Seite auf die gehörige Dicke bearbeitet. Man kann auch das zu schleifende Stück von der Seite über die Blätterdurchgänge mit Glas belegen und Glas und Kry stall zusammen abschleifen.

Zucker krystallisirt in Säulen mit zwei dachförmig gegeneinander stehenden Zuspitzungsflächen. Der Blätterdurchgang halbirte den Winkel, welchen diese beiden Flächen unter sich bilden, und in dieser Richtung sind die Kry stallen leicht spaltbar, doch sind die Flächen für sich nicht rein genug, man muß durch Schleifen und Poliren nachhelfen. Da die Platten nur dünn zu sein brauchen ($\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Linie dick), so findet man in dem künstlichen weißen Sande schon hinreichend klare Kry stallen. Sie müssen eingestrichelt werden, da sie an der Luft die Politur verlieren.

Chromsaures Kali ist besonders leicht spaltbar nach der Richtung, nach welcher die Kry stallen gewöhnlich die breiteste Fläche haben, und auf dieser Richtung steht die eine optische Axe nahezu senkrecht. Gelingt es, dünne Tafeln von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Linie Dicke rein nach dieser Richtung zu spalten, wenn sie auch nur einige Quadratlinien groß sind, so kann man sie unmittelbar verwenden. Gelingt dieses nicht, so schneidet man die Platten mit dem Messer zurecht und schleift und polirt sie wie Salpeter. Auch für sie ist das Einstreichen gut, wenngleich weniger nöthig *).

Für die Beobachtung der Streifen in solchen Kry stallplatten, welche mit 216 der Axe parallel geschnitten sind, wendet man am besten die Weingeistflamme mit Kochsalz im dunklen Zimmer an. Kalkspath-Platten der Art zeigen dabei die Hyperbeln schon deutlich, wenn auch sehr fein, bei einer Dicke von einer Linie, Bergkry stallplatten bei viel größerer Dicke. Daumenbische Kry stallen zeigen noch ziemlich starke Linien, wenn man zwei gegenüberliegende Flächen derselben eben schleift. Allein die Linien fallen leicht unregelmäßig aus, wegen Unregelmäßigkeiten in der Kry stallisation des Bergkry stall. Man sieht übrigens die

*) Das Spalten der Kry stallen geschieht gewöhnlich so, daß man ein Messer oder einen Meißel von Federmesserstärke und gerader Schneide möglichst genau in der Richtung des Blätterdurchgangs auf den Kry stall setzt und dann mit einem kleinen eisernen Hammer einen kurzen scharfen Schlag auf den Rücken des Messers giebt. Als Unterlage muß man bei härteren Kry stallen ebenfalls Stahl nehmen.

Hyperbeln beim Gyps wie beim Bergkry stall, ohne künstliches Schleifen, doch bei letzterem nur, wenn die gegenüberliegenden Flächen rein sind. Am zweckmäßigsten schleift man indessen, der natürlichen Streifung wegen, ein Stück an zwei gegenüberliegenden Flächen an und, wie schon erwähnt, noch an einer dritten, die mit einer der beiden ersten dann als Prisma gebraucht werden kann. Am schönsten zeigen die Hyperbeln sehr dicke — 2 bis 3 Linien dicke — Gypsplatten.

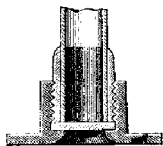
- 217 **Kreispolarisisation.** Man bedarf hierzu, außer senkrecht zur Axe geschnittenen Bergkry stallplatten von 1 bis 3 Millimeter und mehr Dicke und den einfarbigen schon früher erwähnten Gypsblättchen, noch sehr dünne Glimmerblättchen, welche ihre weiße Farbe bei der Drehung des Spiegels im Polarisationsapparate kaum merklich ändern. Will man Fresnel'sche Parallelepipeda haben, so muß man dieselben vom Optikus beziehen, sie sind aber für die Hauptsache nicht nothwendig.

Ob ein Bergkry stall rechts oder links drehend sei, erkennt man an secundären trapezförmigen Flächen, die sich an den Kanten der Säule befinden, wo sie in die Pyramide übergeht. Diese Flächen sind, wenn man die Spitze nach oben kehrt, von oben nach unten und von links nach rechts gerichtet, wenn der Kry stall rechts dreht und umgekehrt. Die Spiralen, welche man sieht, wenn man eine rechts und eine links drehende Platte von gleicher Dicke zugleich durch die Turmalinzange oder die Nicol'schen Prismen betrachtet, lassen sich auf die schon beschriebene Weise (§. 214) sehr gut objectiv darstellen. Eine andere Art der Beobachtung, wo man nur eine Platte auf den horizontalen Spiegel des Polarisationsapparates legt und über derselben in der Entfernung der Brennweite eine Linse anbringt, zeigt die Spiralen nicht schön und ist nur der Theorie wegen beachtenswerth. Die Versuche selbst sind keinerlei Schwierigkeiten unterworfen.

- 218 **Kreispolarisisation in Flüssigkeiten.** Eine etwa einen halben Zoll weite Glasröhre, welche so lang ist, als es das Polarisations-Instrument erlaubt, wenn man oberhalb den Spiegel anwendet und unterhalb das Tischchen so weit als möglich herunterrückt, schleift man einerseits eben und kittet mittelst Siegellack eine rundgeschnittene und in das untere Tischchen des Polarisationsapparates passende Platte von Spiegelglas daran. Man kann freilich in diesem einfachen Apparate nur Flüssigkeiten anwenden, welche das Siegellack nicht angreifen; unter diesen sind besonders Gummilösung und Zuckerslösung zu empfehlen, wovon die erstere rechts, die letztere links dreht. Die Glasröhre selbst, sowie der hervorstehende Theil der Spiegelplatte werden mit Tusch geschwärzt und

die Höhe der Flüssigkeitssäule in der Glasröhre wird durch ein dazu gehöriges graduirtes Stäbchen gemessen.

Fig. 450.

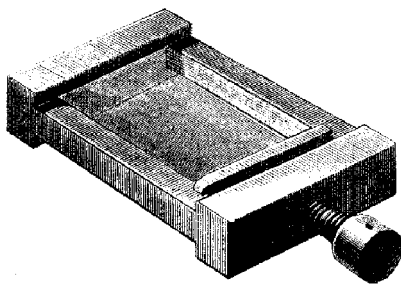


Wollte man einen Apparat haben, der für verschiedene Flüssigkeiten brauchbar ist, so müßte man die Glasröhre sorgfältiger eben schleifen und die Spiegelplatte bloß durch Druck dagegen halten. In diesem Falle müßte die Glasröhre unterhalb eine messingene Fassung mit einem Gewinde erhalten, und ein darüber geschraubter, in der Mitte durchbohrter und auf das Tischchen des Polarisationsapparates passender Deckel müßte die über das Gewinde hervorstehende Glasplatte gegen die Röhre pressen. Fig. 450 zeigt eine solche Fassung.

Polarisationserscheinungen in gehärtetem und gepresstem Glase. 219

Als gehärtetes Glas kann man jedes Stückchen Glas gebrauchen, das nicht in den Kühlöfen kam, namentlich sind eben geschliffene und wieder polirte Stücke aus zerbrochenen Bologneser Flaschen geeignet. Uebrigens nimmt man am besten ein Stückchen Spiegelglas von $\frac{1}{2}$ bis 1 Zoll Fläche, versieht es mit einer Drahtschlinge, erwärmt es über Kohlen, bis es gleichförmig aber schwach roth glüht, und läßt es in der Schlinge in freier Luft erkalten. Um die Erscheinungen in gepresstem Glase zu zeigen, macht man aus dickem schwarzem Messing einen viereckigen Rahmen, wie Fig. 451 in natür-

Fig. 451.



licher Größe zeigt. Ein mäßiges Anziehen der Schraube reicht hin, um einer hineingestellten Glasplatte polarisirende Eigenschaft zu geben. Alle diese Erscheinungen zeigen sich am besten, wenn man die Glasstücke auf den unteren horizontalen Spiegel des Nörremberg'schen Apparates bringt.

I. Versuche über die chemische Wirkung des Lichtes.

220 Man taucht in eine Lösung von salpetersaurem Silber — Höllesteinlösung — schmale Streifen weißen Filzpapiers, trocknet sie zwischen einer dicken Lage von Filzpapier und bewahrt sie nachher einzeln zwischen schwarzem Papiere an einem dunklen Orte auf. Legt man ein einzelnes Streifchen an das Tageslicht, so bräunt es sich bald.

221 **Die Daguerreotypie.** Obwohl das Anfertigen Daguerre'scher Lichtbilder keineswegs ein für den Unterricht geeigneter Versuch ist, und derjenige, welcher sich mit diesem Zweige besonders befassen will, die sehr ausgedehnte Literatur darüber nachsehen muß, so mag hier dennoch eine gedrängte Darstellung eines Verfahrens am Platze sein, welches jetzt häufig angewendet wird. Die Beschreibung der einzelnen Theile des Apparates kann dabei füglich unangegangen werden, da man unzweifelhaft besser thut, einen solchen ganz fertig zu kaufen, als die einzelnen Theile anfertigen zu lassen. Man kann wohl auch in dem Brennpunkte eines guten, größeren achromatischen Fernrohrs Lichtbilder machen, allein die Bilder werden hier zu klein, als daß es zu mehr als vorläufigen Versuchen dienen könnte.

a) Das Reinigen der Platten. Nachdem man mit einer Schlichteiseile die meist etwas rauhen Ecken ein wenig abgestoßen hat, bringt man die Platten auf den sogenannten Polirstock, der gewöhnlich auf den Tisch aufgeschraubt werden kann, giebt ein paar Tropfen wasserhelles Terpentinöl darauf und beutelt durch Mouffeline feines getrocknetes Trippelpulver darauf, was man jetzt, wie alle zum Daguerreotypiren erforderlichen Präparate, im Handel oder doch wenigstens bei Optikern bekommt. Man macht nun einen ziemlich festen Bausch aus roher, oder besser aus einmal gefarteter Baumwolle und schleift damit die Platte, indem man cykloidisch mit derselben herumreibt; von Zeit zu Zeit raust man die beschmutzte Baumwolle aus dem Bausch, bringt neuen Trippel, aber kein neues Öl auf die Platte und fährt so unter gelindem Drucke fort, bis die Baumwolle nicht mehr merklich beschmutzt wird. Man beutelt nun Polirroth auf die Platte, nimmt frische Baumwolle und fährt mit derselben unter stärkerem Drucke geradlinig hin und her, und zwar in der Richtung, welche beim fertigen Bilde horizontal sein wird. Man kann anfänglich auch mit dem Polirroth cykloidisch herumreiben, und nur die letzten Striche in der angegebenen Richtung machen. Ganz besonders schön wird die Politur, wenn man ein feilenartig zugerichtetes Holz mit Baumwollsammt überzieht, und damit die letzten geradlinigten Striche unter starkem Drucke macht. Von Zeit zu Zeit streut man auch hier frisches Roth auf und behaucht die Platte, um zu sehen, ob sie

hierbei noch Flecken zeigt; ist dieses nicht mehr der Fall, sondern bemerkt man ein durchaus gleichförmiges Grau, welches auch von allen Seiten her gleichförmig wieder weggeht, so ist die Platte zum Gebrauch fertig, muß aber jedenfalls nach dem Behauchen nochmals überarbeitet werden. Im Vorrathe kann man die Platten nicht präpariren, mindestens muß die Politur unmittelbar vor der Hauptoperation aufgeschliffen werden. Ohne Polirmittel mit der Baumwolle zu reiben, schadet gewöhnlich, sowie auch der in der Hand gehaltene Theil der Baumwolle nicht auf die Platte gebracht werden darf. Die letzten Staubtheile entfernt man durch leichtes Abwischen mit einer frischen Baumwollflocke. Anstatt der Baumwolle kann man auch nach Varrentrapp Baumwollenplätzchen oder sogenannten Futterbarchent verwenden, und zum Poliren feines auf ein seilenartiges, gepolstertes Brett, welches breiter ist als die Platte, gespanntes Waschleder; letzteres muß man aber mittelst Aether und Salmiakgeist auswachen. Ganz besonders schön sollen die Bilder werden, wenn man die Platten nach dem Poliren bis zum beginnenden Mattwerden galvanisch versilbert und dann neuerlich schleift und polirt.

b) Das Jodiren. Die präparirte Platte kommt nun sogleich auf das Brettchen, auf welchem sie in das Rähmchen gesetzt wird, das zur Camera obscura gehört. Auf diesem Brettchen kommt sie in den Jodirkasten, auf dessen Boden das feste Jod gleichförmig ausgebreitet wird; diese Operation kann noch in mäßig hellem Zimmer vorgenommen werden, und man hebt die Platte von Zeit zu Zeit auf, um auf der vom Fenster abgewendeten Seite, indem man durch ein weißes Papier Licht auf die Platte wirft, zu erkennen, ob sie gleichförmig dunkel messinggelb mit einem Stich ins Violete wird. Sollte dieses nicht gleichförmig eintreten, so muß man durch Vertheilung des Jods und dadurch, daß man die Platte in anderer Lage einsetzt, nachhelfen. Bei neuen Apparaten muß man Jod längere Zeit in dem Jodirkasten lassen, damit die Wände davon durchdrungen werden, weil man sonst nie eine gleichförmige Wirkung erhält. Sehr zweckmäßig ist die Einrichtung, wo zwischen die Platte und das Jod ein mit starkem Papier oder mit dünnem Baumwollenzug bespanntes Rähmchen, oder auch nur ein starkes Papier zwischen Platte und Jod kommt, was aber natürlich vorher recht von Jod durchdrungen sein muß, man erhält so die gleichförmigste Jodirung. Bei jeder neuen Operation kehrt man die früher dem Jod zugewandte Seite des Papiers gegen die Platte. Mehr als einen Stich ins Röstliche soll die Platte im Jodirkasten nicht erhalten.

Man gießt schon vor dem Jodiren Bromwasser, das etwa bis auf Wein-gelb verdünnt ist, in die dazu bestimmte Schale mit abgeschliffenen Rändern, so daß es etwa eine Linie hoch darin steht, und bedeckt es inzwischen durch eine matte Glasplatte, in diese Schale kommt nun das Brettchen mit der jodirten Silberplatte auf den hierfür bestimmten dazu passenden Absatz der Schale, nach-

dem vorher das Zimmer dunkel gemacht worden war. Sie bleibt je nach der Concentration des Bromwassers und der Empfindlichkeit, die man haben will, 20 bis 30 Secunden darüber, und wird noch im Dunkeln in das bereitgehaltene verschlossene Nähmchen der Camera obscura gebracht. Wenn man die Platte noch einmal kurze Zeit über Sod bringt, so werden die Bilder nach Warrentrapp viel lebhafter. In derselben Schale wird die Platte auch behandelt, wenn man nur mit flüssigem Bromjod oder Chlorjod jodirt; sie fehlt daher bei keinem Apparate.

c) Einstellen der Camera obscura. Bei dem Einstellen der Camera obscura, was jedenfalls vor dem Jodiren geschieht, muß man darauf sehen, daß das Bild auf der matten Glastafel möglichst rein sei, und es kann darum bei leblosen Gegenständen mit der Loupe untersucht werden. Man muß dafür sorgen, daß immer der Theil des Bildes, auf welchen man das meiste Gewicht legt, deutlich wird, weil die Bilder verschieden entfernter Gegenstände nicht zugleich deutlich sein können; auch kann man selten ein Bild so groß machen, als das matte Glas des Apparates es erlauben würde, weil die Randstellen nicht Licht genug erhalten und weniger scharf sind. Je größer übrigens der Apparat ist, desto weiter kann man von dem Gegenstande weg, ohne daß das Bild zu klein wird, und desto gleichmäßiger kommen die verschieden entfernten Theile. Große Apparate haben auch noch den Vortheil, daß man die Gläser stark blenden und so die Randstrahlen entfernen kann, was außerordentlich zur Schärfe der Bilder beiträgt, übrigens bei der Photographie von größerem Einfluß ist als hier. Da die chemisch wirkenden Strahlen weniger brechbar sind als die leuchtenden, so ist es immer rüthlich, beim Einstellen der Camera jene äußerste Grenze der Deutlichkeit zu nehmen, bei welcher die Gläser am weitesten vom Bilde abstehen.

Da man mittelst der Erscheinungen der Fluorescenz nun aber im Stande ist, auch noch die Brechbarkeit der chemisch wirkenden Strahlen zu bestimmen, indem noch ganze Reihen dunkler Linien im chemischen Spectrum erkannt werden können, so kann, bei der Berechnung des Achromatismus der Camera obscura - Linsen auf diese Strahlen mit Rücksicht genommen werden, wodurch die Sicherheit in der Darstellung von Lichtbildern jeder Art wesentlich gefördert wird.

d) Einwirkung des Lichtes. Ist die Platte präparirt, so überzeugt man sich noch einmal von der Deutlichkeit des Bildes auf dem matten Glase, setzt den Deckel vor die Gläser, entfernt das matte Glas und setzt an seine Stelle das Nähmchen mit der jodirten Platte, öffnet seine Schieber und entfernt den Deckel der Gläser durch einen Ruck; er geht zu dem Ende leicht, und hat noch ein Futter von Tuch oder Sammt. Die Dauer der Einwirkung des Lichtes

richtet sich nach der Beleuchtung des Gegenstandes und nach der Empfindlichkeit der Jodbromschichte, und ist gerade dasjenige, was man nur durch viele Uebung beurtheilen lernt, und zugleich die Ursache, warum demjenigen, der nur dann und wann einmal daguerreotypiren will, bei allen Kenntnissen die Bilder nie so sicher gelingen, wie den ununterbrochenen Künstlern. Für leblose Gegenstände ist es im Allgemeinen besser, die Empfindlichkeit nicht zu weit zu treiben, 20 bis 30 Secunden sind auch für günstiges Licht schnell genug, und ein kleines Versehen wird dabei weniger schädlich.

e) Das Amalgamiren. Ist die erforderliche Zeit verflossen, so deckt man das Objectiv, schließt den Schieber und bringt die Platte im dunklen Zimmer in den Quecksilberkasten, in welchem man nun das Quecksilber durch eine Weingeistlampe bis auf 60° erhitzt und dann wartet, bis es wieder erkaltet ist. Man kann bei Kerzenlicht durch die Fenster des Apparates das Bild entstehen sehen, und auch beurtheilen, ob es Zeit sei die Platte zu entfernen.

f) Die Platte wird nun herausgenommen und am Tageslichte in die Abwaschschale gebracht, in welcher sich eine Auflösung von $\frac{1}{12}$ unterschweflichtsauren Natrons in destillirtem Wasser, das etwa $\frac{1}{4}$ Weingeist enthält, befindet, darin untergetaucht und ein wenig hin und her bewegt. Das Jod ist rasch entfernt, und man kann die Flüssigkeit ziemlich oft gebrauchen, nur muß sie von Zeit zu Zeit filtrirt werden.

g) Das Vergolden. Die Platte kommt nun auf einen gut horizontal stehenden Rahmen und man gießt von einer Lösung von $\frac{1}{800}$ bis $\frac{1}{1000}$ trockenen Chlorgoldes in destillirtem Wasser so viel darauf, als darauf halten mag, und bringt diese Flüssigkeit durch eine oder mehrere Weingeistlampen rasch zum Sieden; fängt sie an abzutrocknen, so spült man die Platte in destillirtem Wasser, indem man sie mit einem Zängchen faßt, und trocknet sie dann über der Weingeistlampe, wobei man sie schief hält, damit das letzte Wasser am Rande verdunstet, da doch manchmal ein Fleck zurückbleibt. Hat man die Platte galvanisch versilbert, so schlägt sich das Quecksilber sehr stark nieder, und es ist dann gut, der Goldlösung etwa $\frac{1}{20}$ Kochsalz zuzusetzen.

Allerdings sind in dieser kurzen Anweisung die Hauptmomente nur angegeben, allein es wäre sowohl für den Zweck des gegenwärtigen Buches, als für den Umfang desselben unpassend, wollte ich mich in eine umständlichere Erörterung aller Einzelheiten einlassen, oder die verschiedenen chemischen Agentien oder die verschiedenen Formen derselben angeben, welche man bereits zur Beschleunigung der Operation anwendet, oder die das Gelingen derselben sichern sollen.

Photographie. So wenig als bei der Daguerreotypie können hier 222 alle abweichenden Verfahrensarten und Präparate angegeben werden, und es

muß genügen, eine derselben darzustellen, wozu die Darstellung der negativen Bilder auf Glas mittelst Collodium dienen mag. Es wird dabei ferner vorausgesetzt, daß man es nur mit einem kleinen Apparate zu thun habe, und darum all das übergangen, was an Vorrichtungen beim Einstellen und Abblenden der großen Blasbalgapparate nöthig ist. Wer sich mit solchen Apparaten beschäftigen will, muß eben auch hier und zwar noch mehr als bei der Daguerreotypie die hieher gehörige Literatur selbst zu Rathe ziehen.

a) Collodium. Collodium ist käuflich zu haben; es ist aber wesentlich, daß dasselbe möglichst neutral sei; man erkennt dieses, wenn man einer Probe etwas Jodkalium und Salzsäure zusetzt; es darf hierbei wenigstens nicht schnell braun werden.

Wollte man sich Collodium selbst darstellen, so muß zuerst Schießbaumwolle bereitet werden; hierfür bringt man in ein ganz reines Gefäß, welches mit einer gutschließenden Glasplatte gedeckt werden kann, 20 Theile gereinigten (chlorfreien) Kalisalpeter und 30 Theile concentrirte englische Schwefelsäure, mischt dieselben gehörig und taucht dann 1 Theil lockere gereinigte Baumwolle mittelst eines Glasstabes hinein, so daß sie durchweg befeuchtet ist; man deckt nun mit der Glasplatte und läßt das Gemisch etwa eine Viertelstunde stehen, während welcher Zeit man noch einmal umrührt. Die Wolle wird nun herausgenommen und in reichlichem destillirten Wasser, das man öfter wechselt, auf das Sorgfältigste ausgewaschen; sie wird zuerst zwischen Leinwand und dann zwischen Fließpapier ausgedrückt, locker gezipft und in gelinder Wärme getrocknet. Von dieser Schießbaumwolle werden 8 Gran in 1 Unze gutem Schwefeläther gelöst, dann decantirt oder filtrirt.

Auf 60 Theile Collodium nimmt man nun 40 Theile Alkohol von 90 Proc., nebst sehr wenig ausgewaschenem Jodsilber (etwa 0,3 Theile), was man durch Füllen von salpetersaurem Silber mit überschüssigem Jodkalium erhält, und setzt 2 bis 3 Theile Jodkalium zu, welches man mit so wenig Wasser versetzt hat, daß es sich kaum löst; die Flüssigkeit wird trübe, man schüttelt dieselbe öfter um, wobei sie sich wieder klärt.

Ein sehr sicher wirkendes Collodium erhält man nach Professor v. Babo dadurch, daß man anstatt des Jodkaliums 5 Theile Jodäthylamin zusetzt, und dann mit ein wenig chemisch reinem durch Aldehydammmoniak gefälltem Silber umschüttelt bis die Flüssigkeit wieder klar ist, worauf man filtrirt.

Solches Collodium hält nun wohl 2 bis 3 Wochen aber nicht länger; und man bereitet darum nur kleine Quantitäten*).

*) Die Anwendung der verschiedenen beschleunigenden Substanzen muß hier übergangen werden, sowie die Behandlung des Silberbades, wenn dasselbe entweder gleich anfänglich sauer wäre, oder im Laufe der Zeit sauer oder alkalisch wird.

b) Glasplatten. Hierzu dienen genau in den Schieber der Camera obscura passende Platten von reinem und ebenem Fenstergrase, obwohl Spiegelglas besser wäre, wenn es nicht zu theuer käme; jedenfalls wird man zu allen nur vorläufigen Versuchen Fenstergras verwenden. Da die Schieber der Camera gewöhnlich für ein Brettchen mit der Daguerreotypplatte eingerichtet sind, so ist eine Glasplatte nicht dick genug, um diesen Rand auszufüllen, aber doch zu dick, um auf das Brettchen für die Silberplatte befestigt zu werden; man richtet daher noch ein passendes Stück Pappe zu, um den Raum zwischen der Glasplatte und den Niegeln auszufüllen und das Licht abzuhalten. Man versteht ein solches Stück Pappe zur bequemern Behandlung mit einem Knopfe; am einfachsten aus Kork, den man mit Siegelack in die Mitte der Pappe befestigt.

Vor dem Gebrauche wird die Glasplatte entweder mit Weingeist und fein geschlämmtem Trippel und Baumwolle, oder auch nur mittelst der Hand und reinem Wasser gepulvt. Letzteres jedenfalls so lange, bis die Platte das Wasser überall gleichmäßig leicht annimmt, worauf man dieselbe abtrocknet und mit seifenfreier Leinwand sorgfältig abreibt; dem Wasser kann man anfänglich 0,01 Salpetersäure zusetzen. Zuletzt wird die Glasplatte auf der Rückseite mit einem Knopfe aus Guttapercha versehen, den man nach gelinder Erwärmung aufdrückt.

c) Ueberziehen mit Collodium und Silbersalz. Bevor man hiermit beginnt, muß die Camera obscura gerichtet und das Bild auf dem matten Glase eingestellt sein, in welcher Beziehung dasselbe gilt, wie bei der Daguerreotypie. Man hält nun die Glasplatte an ihrem Griffe horizontal und gießt eine reichliche Schichte Collodium darauf, so daß sie ganz überdeckt ist, und läßt sogleich das Uebrige wieder am Eck des Glases in das Fläschchen zurücklaufen, ohne sich mit dem Abtropfen aufzuhalten; die Platte wird jetzt abwechselnd nach allen Richtungen gegen den Horizont geneigt, um das Collodium möglichst gleichförmig über der Platte zu verbreiten. Diese Arbeit wird in einem dunkeln Zimmer bei Lampenlicht vorgenommen, oder, wenn man dieses umgehen will, in einem Zimmer, in welches das wenige nöthige Licht nur durch einige dunkelgelbe Glasscheiben gelangt. Wenn das Collodium so weit angetrocknet ist, daß es beim Berühren mit der Fingerspitze — natürlich am Rande des Glases — klebt, wird die Platte in das Silberbad gebracht.

Das Silberbad enthält auf 1 Unze Wasser 30 bis 60 Gran neutrales salpetersaures Silber (Höllenstein), und befindet sich in einem nur durch Kerzenlicht erhellen Raume in einer flachen Glasschale, die etwa $\frac{1}{4}$ Zoll hoch damit gefüllt ist. Es ist rathlich, die Schale mit dem Silberbade immer zu bedecken, wenn dieselbe nicht gebraucht wird. Die Glasplatte wird mit dem Rande voraus ziemlich rasch eingetaucht, und einige Zeit ruhig darin gelassen, dann aber bewegt man sie darin, hebt sie abwechselnd mit dem einen oder ande-

ren Rande aus der Flüssigkeit und fährt damit so lange fort, bis die milchichte Schichte keinerlei Streifen oder Ungleichheiten mehr zeigt und mit einer gleichmäßigen Flüssigkeitsschichte überzogen ist. Die Platte wird jetzt naß in das verschlossene Röhren der Camera obscura gebracht, der Knopf von Guttapercha abgebrochen und die Pappscheibe mittelst der Kegel des Röhrens dahinter befestigt. Wenn man mittelst der Silberlösung keine guten Bilder mehr erhält, man kann aber in einem Bade von $\frac{1}{4}$ Zoll Tiefe wohl an 100 Bilder machen, so macht man am besten eine frische Lösung, und gewinnt das Silber aus der alten durch Niederschlag mit Kochsalz als Chlorsilber. Man hat auch verticale aus Glasplatten zusammengesetzte oder aus Guttapercha gefertigte enge Gefäße für die Silberlösung; in diesem Falle saßt man die Platte beim Auftragen des Collobiums an einer Ecke mit Daumen und Zeigefinger und bringt sie auch so rasch in das Silberbad, in welchem sie vertical auf- und niederbewegt wird; ein Guttaperchapfropf kann hier natürlich nicht angewendet werden.

d) Lichteinwirkung. Das Verfahren ist hier im Allgemeinen dasselbe wie bei der Daguerreotypie. Bei der angegebenen Concentration der Präparate genügen auch bei bedecktem Himmel 8 bis 10 Secunden zur Aufnahme eines großen Gegenstandes — eines Plazes z. B. — da hier auf einen kleinen Raum viel Licht kommt; aber bei Abbildung von kleinen Gegenständen, wo vielleicht das Bild $\frac{1}{6}$ der natürlichen Größe erreichen soll, ist für gleiche Umstände eine 4- bis 8mal größere Zeit erforderlich. Hierin kann, wie bei der Daguerreotypie, nur die Erfahrung leiten, und jede neu bereitete Flüssigkeit erfordert einige vorläufige Proben.

e) Entwicklung des Bildes. Hierzu dient am besten die künstlich zu habende Pyrogallussäure. Die Platte wird im Rahmen wieder in das dunkle Zimmer gebracht, aus dem Rahmen genommen, auf eine größere Glasplatte gelegt und von einer Lösung von 3 Gran Pyrogallussäure, 30 Gran Essigsäure und 1 Unze Wasser darauf gegossen, soviel darauf hält, während man sie in der Hand hin- und herbewegt, um die Säure darauf herumlaufen zu lassen. Kommt das negative Bild nur schwach, was leichter der Fall ist, wenn das Silberbad schwach ist und nur 30 Gran auf die Unze Wasser enthält, so kann man jetzt noch etwas salpetersaures Silber zusetzen, es ist aber zweckmäßiger, gleich anfänglich ein stärkeres Silberbad zu nehmen. Man läßt die Säure auf dem Glase bis das negative Bild stark genug ist, oder bis man befürchten muß, es möchten auch die hellen Stellen desselben angegriffen werden. Man spült nun in Wasser ab und fixirt das Bild durch Aufgießen einer Lösung von 1 unterschwefligsaurem Natron auf 6 Wasser oder von 1 Chankalium auf 100 Wasser, welche man so lange darauf läßt, bis die gelbe Schichte von den lichten Stellen des negativen Bildes entfernt ist. Die Platte wird nun nochmals in Wasser gut ab-

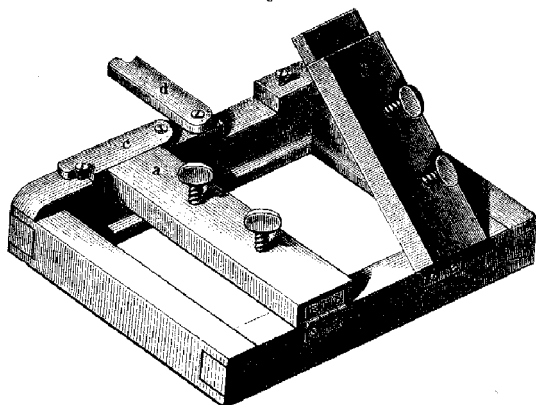
gespült, und in schiefer Stellung zum Trocknen aufgestellt, oder vorher noch mit einer Lösung von $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{10}$ arabischen Gummis in Wasser übergossen und dann erst getrocknet.

f) Papier zu positiven Bildern. Man sucht ein sehr gleichförmiges, schwachgeleimtes Papier von der Stärke gewöhnlichen Schreibpapiers aus (man bekommt im Handel jetzt häufig eigens dazu gemachtes Papier) und legt es flach auf eine Lösung von 12 Procent Kochsalz in Wasser, wobei das Gefäß mindestens allseitig das Papier um 1 Zoll überragen muß. Solche Kochsalz-lösung erhält man, wenn man eine gesättigte Kochsalzlösung mit der doppelten Menge Wasser verdünnt. Das Einlegen geschieht am besten so, daß man das Papier an zwei diagonal gegenüberstehenden Ecken faßt, etwas zusammenkrümmt, und nun mit einem Eck voran rasch, ohne abzusetzen, auf die Flüssigkeit niederlegt. Ist das Papier naß geworden, so faßt man es an einem zuvor aufgebo-genen Eck, hebt es auf, streicht mit einem Glasstabe die übrige Kochsalzlösung ab und legt dasselbe, die tropfnasse Seite nach oben, auf eine Glasplatte; hier wird es mit Fliesspapier getrocknet. Man läßt das Papier nun so trocken wer-den, daß es nur noch vollkommen weich ist, worauf man dasselbe im dunklen Zimmer bei Kerzenlicht und mit derselben Seite, welche auf der Kochsalzlösung lag (sie wird mit einem Bleistiftstriche bezeichnet) auf eine Lösung von 1 salpeter-saurem Silber in 5 Wasser legt, so daß keine Luftblasen darunter sind; man läßt es 3 bis 4 Minuten auf der Silberlösung schwimmen; es wird herausgenommen und mit dem Glasstabe abgestrichen wie bei der Kochsalzlösung, auf eine Glasplatte ge-legt, und etwa darauf befindliche Tropfen von Silberlösung durch ein Stückchen Fliesspapier entfernt. Man läßt es im Dunkeln trocknen, und bewahrt es am besten zwischen den Blättern eines alten Buches auf. Es erträgt aber überhaupt kein gar langes Aufbewahren, nicht über einige Tage, und giebt die schönsten Bilder, wenn es gleich, nachdem es lufttrocken geworden ist, verwendet wird.

g) Der Copirrahmen. Da man nicht gerade immer bei dem erkaufen Apparate auch einen solchen findet, und er namentlich bei den älteren Daguerreo-typp-Apparaten immer fehlt, und man also möglicherweise in den Fall kommt, einen solchen anfertigen zu lassen, so wurde er in Fig. 452 (a. f. S.) und zwar von der Rückseite abgebildet. Er besteht aus einem starken hölzernen Rahmen, über welchen zwei an guten Gelenkbändern befestigte Schließen *a, b* gehen, welche durch die hölzernen Niegel *c, d* gehalten werden; letztere drehen sich um Holz-schrauben und werden auch mit ihrem Ausschnitte unter die Köpfe von Holz-schrauben gehoben, können also immer hinreichend fest erhalten werden. Jede der beiden Schließen *a, b* hat zwei leicht gehende hölzerne Schrauben. In diesen Rahmen ist ein starkes Spiegelglas gut passend eingeschnitten und außerdem ein Brettchen, wie Fig. 453 (a. f. S.), welches aus zwei durch Gelenkbänder ver-

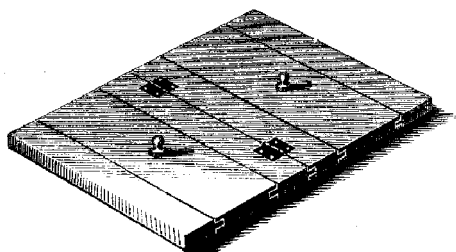
einigten Theilen besteht, deren jeder, um das Werfen zu verhüten, mit zwei Leisten versehen ist. Es besteht dieses Brettchen darum aus zwei Theilen, um beim

Fig. 452.



Einlegen stets das Verklappen der über einander liegenden Theile verhüten zu können, indem man immer auf einer Seite halten kann, bis die Hälfte des

Fig. 453.



Brettchens eingelegt ist; außerdem kann man im Dunkeln die eine Hälfte aufklappen, um nachzusehen, ob das Bild hinlänglich entwickelt ist.

h) Positive Bilder.

Man legt auf die Spiegelplatte des Copirrahmens das negative Bild mit der leeren Glasseite, sodann

auf dieses ein präparirtes Papier mit der gezeichneten Seite; das Papier muß allseitig etwas über das negative Bild hervorragen. Auf das Papier kommt ein doppeltes Stück Sammt, darauf ein paar Blätter Fließpapier und endlich das Brettchen; die Schließen werden vorgelegt und befestigt, und die Schrauben ziemlich fest angezogen. Jetzt bringt man den Rahmen an das Tageslicht, stellt ihn senkrecht gegen das einfallende (am besten Sonnen-) Licht und läßt ihn so lange, bis die hervorragenden Theile des Papiers gehörig dunkel geworden sind, und bis man sich durch Deffnen der einen Hälfte bei Kerzenlicht überzeugt hat, daß das Bild hinlänglich entwickelt ist. Da sich der Ton beim nachherigen Waschen und Trocknen ändert, so muß man erst durch einige Erfahrung lernen,

wie
in d
schw
dieser
Waf
ders
Getr
Bild
Bild
Sch
Bild
werd

3. M
spiege
virte
trochn

Ver
Eifen
streck
vorhe
im K
nim
in be
erford
nicht
erhalt
sie vo
ders
dunkel

wie lange man das Licht hier einwirken lassen muß. Man bringt den Rahmen in das dunkle Zimmer zurück und legt das Bild in eine Lösung von 1 unterschwefligsaurem Natron in 8 Wasser und läßt es etwa $\frac{1}{2}$ Stunde darin. Nach dieser Zeit ist es hinreichend fixirt, und kommt nun in ein Gefäß mit vielem Wasser, in welchem man es 24 Stunden liegen läßt. Das Wasser muß besonders anfänglich einigemal erneuert werden; noch besser ist fließendes Wasser. Getrocknet wird zuletzt zwischen Fliesspapier. In manchen Fällen will man die Bilder auf weißem Grunde erhalten; man macht hierfür zuerst ein positives Bild, und schneidet das Bild aus, um den am Lichte geschwärzten Grund als Schablone auf das negative Bild zu legen, wodurch man das zweite positive Bild auf weißem Grunde erhalten kann. Sollen die Bilder übrigens schön werden, so muß man dieselben durch die Satinirpresse gehen lassen.

Schließlich mag hier noch bemerkt werden, daß man sich nach Professor J. Müller's Beobachtung sehr schöne, wenn auch nicht gerade dauerhafte Metallspiegel verschaffen kann, wenn man eine für Photographie nach Lit. c präparirte Spiegelplatte geradezu dem Lichte aussetzt und nach dem vollständigen Abtrocknen mit Baumwolle polirt.

Fünftes Capitel.

Versuche über den Magnetismus.

Behandlung von Eisen und Stahl für magnetische 223

Versuche. Um das zu den magnetischen Versuchen erforderliche weiche Eisen zu erhalten, nimmt man gutes Schmiedeeisen, besonders Holzkohleneisen, streckt es in die gewünschte Form und glüht die Stücke aus, nachdem man sie vorher mit Lehm umgeben hat. Am weichsten werden dieselben, wenn man sie im Kohlenfeuer bis zu dessen Erlöschen liegen läßt. Zu künstlichen Magneten nimmt man Solinger Rlingenstahl oder am besten Gußstahl, den man ohnehin in beinahe jeder beliebigen Form bekommen kann, so daß er nur wenige Arbeit erfordert. Auch dieser wird auf die angegebene Art ausgeglüht, wobei er jedoch nicht mehr als rothwarm werden und überhaupt nicht lange in der Glühhitze erhalten werden darf. Man giebt demselben die erforderliche Form und macht sie vollends mit der Schlichtfeile fertig. Bei dem Schmieden muß man besonders aufmerksam sein, da diese Stahlsorte nur geringe Hitze erträgt und nie über dunkel Kirschroth gebracht werden und doch auch nicht kalt gehämmert werden darf.

Bei dem Härten wird der Stahl senkrecht, und wenn er hufeisenförmig ist, mit beiden Polen schnell in das Wasser getaucht; es ist dieses nebst der Vermeidung von kaltem Hämmern das einzige Mittel, um das Verziehen möglichst zu verhüten. Gewöhnlich fällt dabei der Glühspan ziemlich vollständig ab; allein es ist dies keine nothwendige Sache, der Stahl kann auch ohne dieses hart geworden sein, und man prüft daher seine Härte mit der Feile — auch die beste darf nicht angreifen.

Der Stahl ist nun glashart, er würde zerbrechen, wenn er auf den Boden fiel. Um dieses zu verhüten, läßt man denselben, nachdem er zuvor hell geschliffen wurde, über einem breiten, gut angeblasenen Kohlenfeuer langsam bis zur hasergelben Farbe anlaufen. Sollte das Feuer nicht gut genug brennen, so muß es durch Aufhaken mit dem Federwisch oder einem Stücke Pappe zum besseren Brennen gebracht werden, aber nicht durch das Gebläse der Esse, weil hierdurch die Hitze ungleichförmig würde. Hat der Stahl die hasergelbe Farbe erlangt, so wird er zum zweiten Male in kaltem Wasser gelöscht. Ein Stück Stahl aber, das sich beim Härten so sehr verzogen hätte, daß man dasselbe nicht brauchen könnte, muß man blau anlaufen lassen; es verliert zwar hiebei an Coercitivkraft, bleibt aber doch zu vielen Zwecken brauchbar, und man kann jetzt dasselbe mittelst eines Hammers mit scharfer Bahn, wie Fig. 454, durch kurze

Fig. 454. mäßige Streiche nachrichten, worauf die Hammerstreiche weggeschliffen werden. Der Stahl wird dabei auf einen Amboss gelegt, und die Streiche werden dicht neben einander auf die concave Seite geführt. Bei einiger Vorsicht gelingt dieses Nichten selbst im hasergelben Zustande.



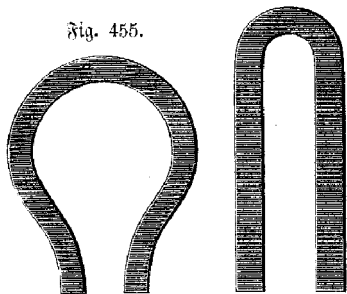
Gewöhnlich bezeichnet man schon vor dem Härten diejenige Seite, welche Nordpol werden soll, durch einen Feilstrich oder ein aufgestempeltes N; allein es läßt sich dieses, wenn es vergessen worden wäre, auch nachher noch erreichen, wenn man den Buchstaben aufsticht. Man läßt zu diesem Zwecke auf der erwärmten Stelle etwas Wachs dünn verlaufen, zeichnet mit einer Nadel das gewünschte Zeichen hinein, und setzt einen Tropfen etwas verdünnte Salpetersäure darauf. Das Zeichen wird in etwa 5 Minuten tief genug geätzt sein. Nachdem die Säure abgespült ist, wird der Stahl wieder erwärmt und das Wachs mit Fließpapier abgewischt.

- 224 **Form der Magnete.** Was nun die Form der künstlichen Magnete betrifft, so giebt man den Stäben gewöhnlich eine Dicke, welche nur $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ der Breite beträgt, und macht sie nicht über 1 Fuß lang. Die hufeisen- oder stimmungabelförmigen Magnete erhalten im Ganzen eine etwas größere Länge und es werden manchmal die geraden Schenkel allein bis ein Fuß lang gemacht; doch sind sie dann auch $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll breit. Die Pole solcher Magnete, sie

mögen nun mehr hufeisenförmig wie Fig. 455, oder mehr stimmungabelförmig wie Fig. 456 gearbeitet sein, sollten, wenn man nicht besondere Absichten dabei

Fig. 456.

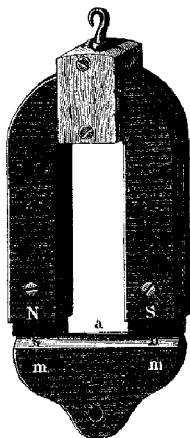
Fig. 455.



hat, nicht um Vieles mehr als die Breite der Schenkel von einander abste-
hen. Statt hufeisenförmige Mag-
nete sind aber unbequem zu magneti-
siren, und verziehen sich beim Härten
gar leicht. Größere Stahlstäbe läßt
man am besten bei einem Feilenhauer
härten, da dieser darauf eingerichtet
ist, längere Stücke recht gleichförmig
zu erwärmen, worauf eben bei der
Härtung der Magnete, sowie beim
nachherigen Anlassen derselben viel
ankommt.

Magnetische Magazine. Wenn man stärkere Magnete nöthig hat, 225
so werden dieselben aus über einander gelegten einzelnen Lamellen gebildet,
wobei man sehr oft die mittleren etwas länger macht, wie Fig. 457 für

Fig. 457.



einen hufeisenförmigen Magneten zeigt; doch dürften
gleichlange und zusammen eben geschliffene Stäbe
vorzuziehen sein. Jede Lamelle wird für sich magne-
tisirt, und sie werden entweder durch messingene Bän-
der oder Schrauben zusammengehalten. Manche legen
dünne Messingbleche zwischen die einzelnen Lamellen,
was aber weder die Erhaltung noch die Wirkung er-
höht. Sollten sich einzelne beim Härten etwas ver-
zogen haben, und man will oder kann sie nicht mehr
ganz gerade richten, ohne sie zu weit zu erweichen,
dann mag es wohl gut sein, an die Stelle der Bän-
der und Schrauben dünne Bleche zu legen, damit da-
durch für die Verkrümmung Platz gewonnen wird und
die Schrauben doch fest angezogen werden können.

Will man Stäbe zu solchen Magazinen ver-
einigen, so kann man sie entweder auch nur durch
messingene Bänder vereinigen und etwa die mittleren
auch hier etwas länger lassen, oder, was zweckmäßiger
ist, ihre Enden durch vorgelegte Schuhe von weichem Eisen zusammenhalten.
Im ersten Falle bindet man einfach die Stäbe durch Messingdraht zusammen
und freibt unter denselben an passender Stelle Keile aus Messingblech, wodurch

man eine gehörige Festigkeit erlangt und die Stäbe dennoch leicht auseinander nehmen kann. — Will man aber die zweckmäßigeren Schuhe anwenden, so zeigt

Fig. 458.



Fig. 459.



Fig. 458 einen solchen für gleichlange, und Fig. 459 einen solchen für ungleichlange Stäbe; die Schrauben, wodurch die Stäbe zusammengehalten werden, macht man von Messing, weil eiserne stark magnetische Schrauben unangenehm

mit dem Schraubenschlüssel zu behandeln sind. Auch bei Stäben legt man an den Stellen, wo sie zusammen gehalten werden, Messingbleche dazwischen, wenn sie nicht ganz gerade sind. Man nennt solche Schuhe die Armaturn des Magneten. Auch an hufeisenförmigen zusammengefügten Magneten bringt man ähnliche Schuhe an, sie müssen dann aber sehr gut aufgepaßt werden.

226 Aufbewahrung der Magnete. Sowohl bei hufeisenförmigen als geraden Stäben werden die Pole zur Aufbewahrung mit weichem Eisen ver-

Fig. 461.

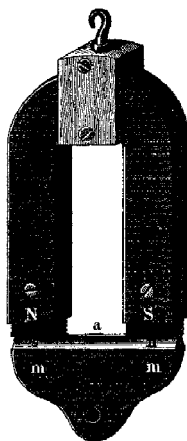


Fig. 460.



bunden. Bei geraden Stäben theilt man dieselben zu dem Zwecke in zwei gleiche Bündel, legt sie in einiger Entfernung parallel neben einander, so daß die ungleichnamigen Pole je auf derselben Seite liegen, und verbindet diese durch ein weiches Stück Eisen, wie Fig. 460 zeigt. Bei hufeisenförmigen Stäben führt dieses Stück den Namen Anker, und ist hier gewöhnlich in der Mitte durchbohrt, um

einen Haken einhängen zu können, da der Magnet an einem solchen Stücke weichen Eisens viel mehr trägt als an den beiden einzelnen Polen zusammen. Fig. 461 zeigt einen solchen Magneten mit seinem Anker. Letzterer erhält gewöhnlich da, wo er die Pole berührt, eine cylindrisch sehr schwach concave Fläche, so daß er eigentlich die Pole nur in einer Linie berührt, doch aber denselben mit seiner ganzen Fläche unendlich nahe

kommt; besser scheint auch hier eine ebengekliffene Fläche zu wirken. Der Anker muß verhältnißmäßig dick sein, so daß er selbst, angelegt, an seiner unteren Seite nur eine sehr geringe Tragkraft besitzt. Es ist übrigens nicht nöthig, den Anker des Magneten stets mit Gewicht belastet zu haben, um den Magnet in gutem Zustande zu erhalten; es genügt, wenn der Anker vorgelegt ist. Rost macht zwar die Magnete an sich nicht schwächer, hindert aber die innige Verüh-

rung des Ankers, wodurch die Tragkraft kleiner wird. Besser ist es, schon des Aussehens wegen, sie vor Rost zu bewahren und sie nach dem Gebrauche mit einem fetten leinenen Lappen abzureiben.

Um einen Magneten bei seiner Stärke zu erhalten, darf derselbe außerdem keinen Schlägen oder Erschütterungen ausgesetzt werden, er darf mit keinem harten Körper, am wenigsten mit Eisen, gestrichen oder gerieben, auch nicht auf Eisen gelegt werden. So wie Rost, hindert auch anhängende Eisenfeile die Tragkraft eines Magneten. Am schädlichsten wirkt Erwärmung; selbst wenn die Wärme nur 40°C. erreicht, wird ihr Einfluß schon merklich.

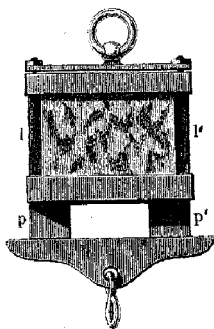
Armatur natürlicher Magnete. Natürliche Magnete legt man 227 in Eisenfeile (man bewahrt überhaupt reine Eisenfeile für die magnetischen Zwecke besonders auf), um ihre Pole zu erkennen, und schleift an diese zwei parallele und zur Mittellinie senkrechte Flächen; auch die übrigen Flächen des Magneten werden einigermaßen zugeschliffen, um demselben eine annähernd parallelepipedische Gestalt zu geben, wobei man jedoch nur die hervorstechendsten Theile entfernt. Auf die Polflächen legt man zwei Eisenplatten *l* von der Größe dieser Flächen, welche beide oben etwas umgebogen sind, und sich über den Magneten gleichsam anheften, Fig. 462 und 463, unten aber in zwei stärkere Eisenzapfen *p* auslaufen, deren untere Flächen in derselben Horizontalen liegen, wenn die Polflächen des Magneten vertical sind. Der Zapfen hat den Magneten zu tragen und muß also unter denselben passen, wenn man ihn an den Platten aufhängen will. Beide Platten werden durch ein messingenes oder sonst ein nicht-

Fig. 464.

Fig. 465.

Fig. 462.

Fig. 463.



magnetisches Band an den Magneten befestigt und an die beiden Füße wird ein Anker gelegt. Soll der Magnet aufgehängt werden, so vereinigt man am besten beide Eisenplatten durch ein Querstück mit einem Ringe, wie Fig. 464 u. 465.

Magneteseisen in Octaedern und in derben Stücken bekommt man leicht,

aber kräftige natürliche Magnete schon ziemlich schwer. Allein man kann sich hier leicht helfen; man braucht nur ein solches Stück Eisenerz zwischen den Polen eines kräftigen (Elektro-) Magneten liegen zu lassen, um demselben bald die gewünschte Kraft zu ertheilen; die künstlichen mögen wohl oft so entstehen.

228 Magnetnadeln. Man bedarf derselben mehrere von verschiedener Länge, die jedoch nicht alle in gleichem Grade empfindlich zu sein brauchen. Ihre Anfertigung in guter Qualität wäre leicht, wenn das Aufhängen auf einer Spitze nicht Schwierigkeiten machte; will man sie an einem Seconsfaden aufhängen und dann das Ganze mit einem Glassturze bedecken, so hat die Sache gar keinen Anstand; allein diese Form ist für die wenigsten Fälle brauchbar, wovon später. Das Aufhängen auf eine Spitze sollte stets mittelst eines in die Nadel befestigten Hütchens von Achat oder noch härterem Steine geschehen, wodurch diese Nadeln vertheuert werden. Solche Nadeln nun, welche große Empfindlichkeit haben sollen — und eine etwas lange der Art muß man eigentlich haben —, wird man am besten kaufen, oder doch wenigstens die Hütchen dazu, da man diese auch einzeln zu 24 bis 36 Kr. per Stück erhält, sich vom Mechaniker kommen lassen; denn gerade die Anfertigung dieser Hütchen erfordert besondere Uebung und Einrichtung.

Um ein solches gekauftes Hütchen einzusetzen, nimmt man ein Stückerl von dickem Messingdraht in ein Holzfutter auf die Drehbank, bohrt in dasselbe ein Loch, welches etwas enger ist, als das Loch in der Nadel, und tiefer, als die Nadel nebst dem Hütchen dick ist; dieses Loch wird dann etwa ein Millimeter tief so weit ausgedreht, daß das Hütchen gerade hineingedrückt werden kann, worauf man das Messing von außen eben so weit, als das Hütchen hineinreicht, laubdünn abdreht. Das Hütchen wird nun hineingesetzt, und, da es immer auch äußerlich konisch ist, das Messing mit dem Polirstahl auf der Drehbank daran gedrückt und dadurch beide Stücke vereinigt, wie Fig. 466 vergrößert im Durchschnitte zeigt. Das Messing wird nun so dünn abgedreht, daß man die

Fig. 466.



Fig. 467.



Fig. 468.



Fig. 469.



Nadel gerade noch daran stecken kann. Ist dieselbe wie Fig. 473, so braucht die Spitze der inneren konischen Ausbuchtung nur wenig über die Nadel hervorzureichen; ist aber die Nadel aus Blech, wie Fig. 471, so muß man sie etwa 1 bis 2 Millimeter hervorstehen lassen; in letzterem Falle ist es auch gut, der Fassung des Hütchens einen kleinen Ansatz zu geben, wie Fig. 467 vergrößert im Durch-

schnitte zeigt. Ist die Fassung von dem übrigen Messing abgestochen, so drückt man sie umgekehrt in ein Holzfutter und dreht die Oeffnung derselben etwas trichterförmig aus, wie Fig. 468 für eine prismatische Nadel zeigt. Sollte das Achathüttchen zu breit sein, um auf diese Weise durch die Oeffnung der Nadel geschoben zu werden, so dreht man die Fassung, wie Fig. 469, steckt sie von oben in die Nadel und befestigt sie dadurch, daß man ihre untere Oeffnung durch eine konische stählerne Spitze auseinander treibt, was übrigens auch bei den anderen geschehen kann. Gläserne Hüttchen gewähren schon eine ziemliche Beweglichkeit. Man kann sich dazu passende Stülchchen Glas mittelst einer kupfernen Zwinde aus einer etwas dicken Glasscheibe herausbohren und die konische Vertiefung mittelst einer dreikantigen stählernen Spitze und Terpentinöl hineinschleifen. Die Höhlung wird nachher mit feinem Smirgel und Holz geschliffen und mit Englischroth und Holz auspolirt, was beides auf der Drehbank rasch geht. Man kann in solchem Falle auch das Glas ohne die Vertiefung fassen, dann die Fassung umgekehrt in ein Holzfutter stecken und jetzt erst mit einer in die Oeffnung des Messings passenden Stahlspitze und Terpentinöl die konische Vertiefung hineinbohren.

Für diejenigen Fälle, wo eine mäßige Empfindlichkeit genügt, und es sind bei Weitem die meisten, kann man sich ganz einfach auf folgende Art helfen. Man biegt über die durchbohrte Mitte der Nadel einen etwa linienbreiten Messingstreifen, wie Fig. 470, und schlägt mit einer Kernspitze, die entweder schon



Fig. 470. längere Zeit gebraucht wurde, oder der man auf der Drehbank mit einem feinen Stein die raube Schärfe benommen hat, eine kleine Vertiefung in der Mitte der Durchbohrung auf das Blech, so tief nur, daß das Blech jedenfalls nicht bersten kann. Es ist dieses Verfahren weit besser, als das Ausdrehen von messingenen oder stählernen Hüttchen, und unvergleichbar einfacher. Selbst unmittelbar auf die Magnetenadeln, wenn dieselben aus Uhrfedern gemacht sind, kann man auf Bleiunterlage mit der Kernspitze eine Vertiefung schlagen, welche hinreichend ist, um der Nadel eine stabile Aufhängung und große Beweglichkeit zu sichern, besonders wenn man die Nadel in der Mitte etwa bis gran anlaufen läßt.

Die Magnetenadeln selber erhalten entweder die Figur einer lang gezogenen Raute oder eines langgestreckten Sechsecks mit einer mittleren Verstärkung, wie Fig. 471 und 472, oder eines vierkantigen, an den Enden schief abgeschnittenen

Fig. 471.



Fig. 472.



und zugeshärhten Stäbchens, wie Fig. 473. Im ersten Falle kann man sie aus Stücken von starken Uhrfedern verfertigen, im letzteren Falle aus Guß-

Fig. 473.



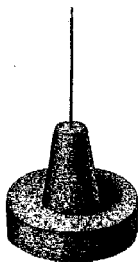
stahl schmieden, wobei ebenfalls in der Mitte eine Verstärkung bleibt, welche durchbohrt wird und bestimmt ist, das Hütchen aufzunehmen. In jedem Falle werden sie vor dem Härten ganz rein gefeilt und geschliffen. Beim Härten solcher Nadeln legt man dieselben am besten auf ein Eisenblech oder bindet sie an einen Draht, um sie zu glühen, weil man sie beim Halten in einer Zange fast nie gleichförmig warm bringt, selbst wenn man auch letztere vorläufig erwärmt. Gewöhnlich läßt man dieselben blau anlaufen, was ebenfalls auf einem Bleche geschieht, und pußt dann das Blau auf der zum Südpol bestimmten Hälfte wieder weg. Daß man schon bei dem Bearbeiten der Nadel die zum Südpol bestimmte Hälfte etwas schwerer läßt, ist bekannt; doch dürfte es im Allgemeinen viel bequemer sein, nach dem Magnetisiren ein dünnes Messingblech, wie Fig. 474, um die Südhälfte der Nadel zu biegen und durch seine



Verschiebung das Gleichgewicht herzustellen; es geht dieses selbst bei rautenförmigen Nadeln an, wenigleich diese Form hierfür am wenigsten geeignet ist. Hierbei würde dann die Nadel ganz symmetrisch gearbeitet, und man kann ihre Pole nach Belieben umkehren.

Als Spitzen zum Aufhängen der Magnetenadeln dienen für die gewöhnlichen Fälle feinspizige Nähadeln. Man dreht hierzu ein etwas von unten her vertieft geschlagenes Messingplättchen, das auf ein Holzfutter gefittet ist, von der oberen Seite und, ohne den Kitt zu lösen, auch die Standfläche am Rande der unteren Seite ab und bohrt in der Mitte ein die Nadel knapp durchlassendes Loch; von dieser bricht man das Dehr ab, glüht sie an dieser Seite aus, treibt sie von unten durch das abgenommene Plättchen und vernietet sie etwas, während man sie zwischen Blei oder Kupferblech im Schraubstocke festhält. Man erhält übrigens sehr brauchbare Stative, wenn man von einem dicken Korkstöpsel eine Scheibe abschneidet, ein passendes Loch durch dieselbe macht und einen konischen Kork, wie in Fig. 475, hindurchsteckt; in letzteren steckt man dann die Nähadel.

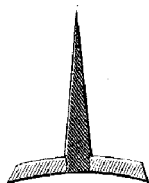
Fig. 475.



Soll die Nadel sehr empfindlich werden, so muß man den Stift eigens aus Stahl anfertigen. Man feilt hierzu zuerst ein Stückchen Stahl zu und giebt ihm am stumpfen Ende einen Zapfen, der in das bereits gebohrte Loch einer Messingplatte paßt, welche zum Fuße bestimmt ist. Dieser

Zapfen wird in den Fuß vernietet, obwohl es besser wäre, ihn mit einem Gewinde zu versehen und in die Platte einzuschrauben. Die Platte wird vorher von der unteren Seite etwas vertieft und dann mit der Nadel so auf ein Holzfutter gefittet, daß die Nadel rund läuft. Die Platte wird nun, wie im vorhergehenden Falle, abgedreht und die Spitze mit der Feile, zuletzt mit der Schlichtfeile fein gemacht, wobei man die mit Del bestrichene Feile gegen die rasch umlaufende Spitze, wie beim gewöhnlichen Feilen, hin- und herführt. Ist die Nadel fein gespitzt, so nimmt man sie mit dem Plättchen von der Drehbank, oder schraubt sie aus und härtet sie, wobei jedoch nur die Spitze glühend werden darf, wenn die Nadel vernietet ist. Sie wird nun wieder auf das Holzfutter gefittet, so daß die Nadel rund läuft, und die Spitze jetzt unter Bestreichen mit einem feinen Wegsteine vollendet. Sie muß auch unter der Loupe noch als Spitze erscheinen. Für die meisten Fälle brauchen solche

Fig. 476.



Magnetnadelstättchen nicht hoch zu sein. Fig. 476 zeigt eines in natürlicher Größe. Will man dieselben höher haben, so macht man den unteren Theil des Stiffes von Messing und schraubt erst in dieses das stählerne Ende.

Die Boussole. Um die Versuche über die Wirkung zweier Magnete auf einander und über die Intensität des Erdmagnetismus nach Weber's Methode zu wiederholen, sowie für mancherlei andere Zwecke bei der Lehre des Magnetismus selbst, und bei der Lehre der Electricität, hat man eine Boussole nöthig, d. h. eine leicht bewegliche Magnetnadel über einem getheilten Kreise in einem mit Glas bedeckten Kästchen. Für die Weber'schen Versuche, sowie für die Anwendung der Tangentenboussole in der Electricitätslehre ist es nothwendig, daß die Magnetnadel nicht zu groß sei, jedenfalls zwei Zoll nicht überschreite, besser aber nur 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll betrage. Bei so kleinem Durchmesser kann dann der Limbus nur noch von 2 zu 2 Graden getheilt werden, wodurch auch bei der besten Theilung die Fehler sehr groß werden. In diesen Fällen dürfte es daher vorzuziehen sein, parallel mit der Axe der Magnetnadel an jede Seite derselben einen dünnen Faden aus schwarzem Glase mit Wachs auf dieselbe zu befestigen, wofür besonders die in Fig. 473 abgebildete Form der Nadel geeignet ist, wenn man auf ihrem Rücken in jede Hälfte eine Rinne einfeilt, wie Fig. 477

Fig. 477. im Durchschnitt und vergrößert zeigt. In diese Rinne legt man



dann die Glasfäden. Man kann nun dem getheilten Kreise 4 Zoll Durchmesser geben, und sogar beim Selbsttheilen größere Genauigkeit erlangen, als wenn ein kleiner Kreis auf der Maschine getheilt wäre. Theilt man den Kreis selbst auf Papier, so leimt man zuerst das Papier auf ein etwa 4 bis 6 Linien dickes Brettchen, zeichnet und

theilt den Kreis. Die Spitze, auf der sich die Nadel bewegt, darf nur wenig über das Brettchen hervorragen, obwohl auch so noch beim Ablesen ein starker parallaxtischer Fehler entstehen kann. Am besten wirkt man diesem entgegen, wenn man die innere Kreisfläche ausschneidet und mit einem Spiegel ausfüllt, wo dann stets in der Stellung abgelesen wird, wenn der Glasfaden und sein Bild einander decken; daß in diesem Falle der Spiegel im Centrum für die Spitze durchbohrt sein müsse, versteht sich von selbst. Ein niedriger Ring aus Pappe, auf welchen mittelst eines schmalen Papierstreifens ein rundes reines Spiegelglas geklebt wird, dient im einfachsten Falle zugleich als Decke und Gehäuse. Wenn das Instrument nicht gebraucht wird, hebt man die Nadel von der Spitze. Wenn die Seiten des Brettchens ein Rechteck bilden, und man hat die Mittellinie der Theilung mit einer Seite parallel gemacht, so ist eine solche Bouffole auch ziemlich bequem zur Bestimmung der Declination, oder umgekehrt zur Bestimmung des geographischen Meridians, wenn es sich nicht um größere Genauigkeit handelt.

Soll die Spitze einer Bouffole gut bleiben, so muß die Nadel jedes Mal abgehoben werden, wenn sie nicht gebraucht wird; gewöhnlich bringt man hierfür eine Vorrichtung an, welche das Wegnehmen des Glasdeckels nicht erfordert. Eine solche zeigt Fig. 478; sie besteht aus einem bei *a* gebogenen, etwa 2 Millimeter breiten Messingfederchen *bac*, welches beiderseits in ein durchbohrtes rundes Blättchen eudigt. Bei *a* kommt es in einen kleinen Ausschnitt des Gehäuses zu liegen; wird die Schraube bei *c* angezogen, so drückt das Blättchen

Fig. 479.

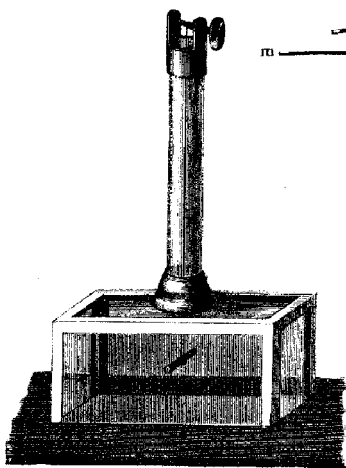


Fig. 478.



b die Nadel gegen die Glasdecke der Bouffole; öffnet man die Schraube *c*, so sinkt *b* durch sein eigenes Gewicht auf den Boden *mn* der Bouffole.

Um die Empfindlichkeit einer Magnetnadel zu prüfen, versetzt man dieselbe durch Annäherung eines Eisens in horizontale Schwingungen und sie muß, wenn sie gut ist, durch allmählig kleiner werdende, zuletzt beinahe unmerkbar kleine Schwingungen in den Ruhestand zurückkehren. Man kann auch so verfahren, daß man ihre Ruhestellung entweder auf dem eingetheilten Kreise oder durch eine

vorgesteckte seine Stednadel oder auf eine andere Weise — nur ohne Eisen — genau merkt, sie dann durch Annäherung von Eisen in horizontaler Richtung nur wenig aus der Ruhelage bringt, und das störende Eisen ganz langsam wieder entfernt; die Nadel muß genau wieder in die alte Lage zurückkehren.

Anstatt die Nadel auf eine Spitze zu hängen, könnte man dieselbe für manche Zwecke, wie schon erwähnt, auch an einem einfachen Cocconsaden in einem Glasgehäuse, wie Fig. 479, aufhängen. Die Nadel wird hierdurch sehr leicht beweglich; allein für jene Fälle, wo ein zweiter Magnet auf die Nadel wirkt, kann diese Einrichtung deswegen nicht gebraucht werden, weil die Nadel durch die Einwirkung des zweiten Magneten den Mittelpunkt der Theilung verläßt *).

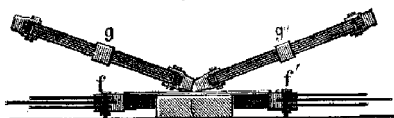
Das Magnetisiren. Es handelt sich heut zu Tage nicht mehr, oder 230 doch nur noch sehr selten um große Stahlmagnete; braucht man große Magnete, so haben wir in den Elektromagneten Apparate, die so zu sagen jede wünschbare magnetische Stärke besitzen. Braucht man ja einmal, wie etwa zu Magnet-Elektrifirmaschinen, größere Stahlmagnete, so sind es wieder unsere Elektromagnete, welche uns die Mittel an die Hand geben, auch die größten Stahlsamellen durch ganz einfache Behandlung bis zur Sättigung magnetisch zu machen. Es können daher alle die vielerlei Methoden, welche man erdachte, um mittelst schwacher Magnete starke hervorzubringen, und solche sogar als Geheimnisse verkaufte, hier wohl übergangen werden, da der sogenannte einfache Strich und Doppelsrich nebst der Hoffer'schen Methode bei kräftigen Streichmagneten Alles leisten, was man verlangen kann.

Der einfache Strich. Die allereinfachste Methode, diesen auszu- 231 führen, besteht darin, daß man die zum Nordpole bestimmte Hälfte eines Stückes Stahl auf jeder Seite etwa 10 Mal mit dem Südpole eines Magneten streicht, wobei man jedes Mal bei der Mitte ansetzt, mit mäßiger Geschwindigkeit über das Ende hinausfährt und in einem Bogen durch die Luft nach der Mitte zurückkehrt. Ebenso wird mit der zum Südpole bestimmten Hälfte verfahren, indem man den Nordpol des Streichmagneten anwendet. 10 bis höchstens 20 Striche sind ausreichend, um dem neuen Magneten alle Kraft zu geben, welche durch den Streichmagneten und dieses Verfahren erreicht werden kann. Wenn man dabei den neuen Magneten in seiner Mitte mittelst eines schmalen Stückes Eisen auf dem Tische festhält, so soll dieses wesentlich dazu beitragen, den Indifferenzpunkt sicher in die Mitte des neuen Magneten zu bringen. Kräftiger wird der Magnet und sein Magnetismus gleichförmiger vertheilt, wenn man die

*) Gelegentlich sei hier bemerkt, daß man bei dem Beobachten der Magnetnadeln keine Brille mit Rählernem Gestelle tragen darf.

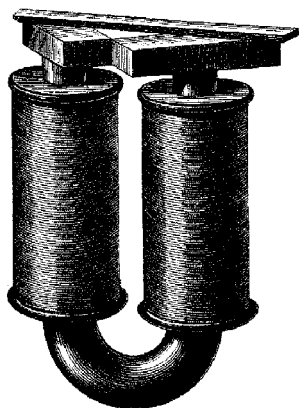
entgegengesetzten Pole zweier wenigstens nahezu gleich starker Magnetstäbe oder Bündel so auf die Mitte des neuen Stabes setzt, daß jeder mit der auf seiner Seite befindlichen Hälfte desselben einen Winkel von etwa 80° macht, wobei indessen diese beiden Magnete sich nicht berühren dürfen, und dann mit gleicher Geschwindigkeit beide Magnete zugleich jeden über das Ende seiner Seite hinausführt; auch hier kehrt man in einem Bogen durch die Luft zurück und setzt beide Magnete wieder zugleich in der Mitte auf. Das mit dem Nordpol gestrichene Ende wird auch hier zum Südpole. Diese Methode ist besonders zu empfehlen, wenn es sich um Anfertigung von Magnetenadeln oder solcher Magnetstäbe handelt, die zu Messungen gebraucht werden sollen; sie werden bei keiner anderen so regelmäßig. Ein hufeisenförmiges Stück wird auf die gleiche Weise behandelt, nur legt man denselben den Anker vor, wenn es mit zwei Magneten oder mit den beiden Schenkeln eines mit dem neuen Magnete gleich breiten Hufeisens zugleich gestrichen wird; man führt dabei die Pole des Streichmagneten über den Anker hinaus, und hält diesen mit der anderen Hand fest. Wird ein gerader Stab mit einem Hufeisen gestrichen, so muß die Fläche des

Fig. 480.



Hufeisens senkrecht zum Stabe gehalten werden. Gerade Stäbe werden am kräftigsten nach dieser Methode behandelt, wenn man sie während des Streichens mit ihrem Ende auf die

Fig. 481.



gegenüberstehenden ungleichnamigen Pole ff' , Fig. 480, zweier kräftigen Magnete legt; es ist dabei nöthig, daß man unter den zu streichenden Stab ein Stück Holz l lege, welches denselben unterstützt und auf welches man ihn durch ein anderes schmales Stückchen Holz befestigt. 10 bis 20 Striche auf beide Seiten eines neuen Magneten sind auch hier genügend, um Alles zu leisten, was man mit den gegebenen Streichmagneten erreichen kann.

Will man dieses Verfahren mittelst eines Elektromagneten anwenden, so legt man nach Markus, wie in Fig. 481, auf dessen Pole zwei gegen einander geneigte Stücke von weichem Eisen; den zu magnetisirenden Stab setzt man mit seiner Mitte da auf, wo die beiden Eisenstücke am nächsten beisammen sind, und

fährt mit demselben gegen die Oeffnung des Winkels, so daß also beide Hälften desselben zu gleicher Zeit von einem Pole des Elektromagneten gestrichen werden.

Der Doppelstrich. Bei dieser Methode setzt man die beiden Pole 232 eines Hufeisenmagneten, oder besser die entgegengesetzten Pole zweier starker Magnetstäbe oder Bündel zugleich in der Mitte des zu magnetisirenden Stabes auf, und fährt mit beiden zugleich nach dem einen Ende des Stabes, dann zurück, über die Mitte weg nach dem anderen Ende, aber nie über das Ende hinaus, und so von einem Ende zum anderen 10 bis 20 Mal auf jeder Fläche des Stabes; man hört wieder in der Mitte auf, so aber, daß jede Hälfte gleich viel Striche erhielt. Ein Hufeisenmagnet ist nur dann für diese Methode brauchbar, wenn seine Pole einander ziemlich nahe stehen, andernfalls erzeugt er fast unvermeidlich Folgepunkte, und um so eher, je stärker er selbst ist; bei der Anwendung von zwei Bündeln oder zwei Hufeisenmagneten aber kann man die Pole einander beliebig nähern, doch dürfen sie sich nicht berühren, und man legt deswegen ein kleines Stückchen Holz *l*, Fig. 482, zwischen dieselben, welches man mit dem

Fig. 482.



Magneten hin- und herführt.

Die Streichmagnete erhalten hier einen Winkel von 15 bis 20° mit dem zu magnetisirenden Stabe. Der Erfolg wird bedeutend vermehrt, wenn man den zu

streichenden Stab mit seinen Enden auf kräftige Magnete legt, wie im vorhergehenden Falle; auch hier müssen die streichenden Pole mit denjenigen der Unterlage, denen sie beim Streichen am nächsten kommen, gleichnamig sein; der neue Magnet aber erhält den entgegengesetzten Pol von jenem, auf welchen er gelegt war. Bei hufeisenförmigen Magneten legt man auch hier, während des Magnetisirens, den Anker vor, sie erhalten dadurch eine selbst nach dem Abreißen desselben bleibende größere Tragkraft. Vor dem Abreißen des Ankers ist sie allerdings noch größer, allein das ist eine ganz unnütze Kraft, denn dazu hat man doch wohl keine Magnete, um sie, mit einem Gewicht beschwert, irgendwo aufzuhängen; nur die auch nach wiederholtem Abreißen noch übrig bleibende Kraft eines Magneten ist von Werth.

Die **Hoffer'sche Methode** des Doppelstrichs besteht darin, daß man 233 einem Hufeisen einen Anker vorlegt und dann die beiden Pole des Streichmagneten, der nun freilich gleiche Breite mit dem neuen Magneten haben muß*),

*) Wenn dieses nicht ist, so kann man durch Ansetzen gut passender kurzer Eisenstücke die erforderliche Breite erzielen. Das Ansetzen geschieht durch festes Anstreifen oder wie bei der Armatur der Stäbe in §. 225 gezeigt wurde.

entweder auf die Enden aufsetzt, Fig. 483, und damit zugleich bis über den Bogen hinausstreicht, oder an dem Bogen aufsetzt und gegen die Enden streicht, Fig. 484. Im ersten Falle sind die Pole des neuen Magneten gleichnamig mit jenen des Streichmagneten, im zweiten erhalten sie den entgegengesetzten

Fig. 483.

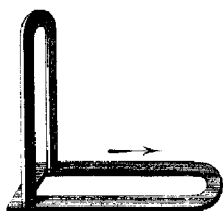
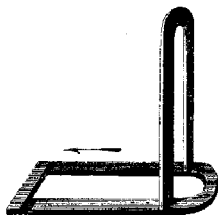


Fig. 484.



Magnetismus. Bei dieser Methode erreicht man schon nach 10 Strichen Alles, was durch sie erreicht werden kann, und sie gehört wohl zu den wirksamsten. Hat man Stäbe zu magnetisiren, so legt man zwei in der erforderlichen Entfernung parallel neben einander, legt an beiden Enden Anker vor und verfährt nun wie bei den Hufeisen.

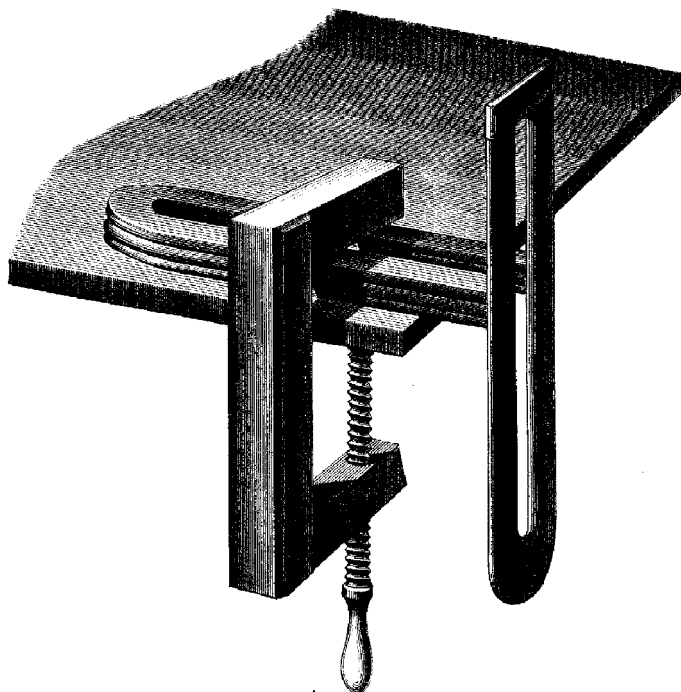
Ist der Streichmagnet schwer, so wird das Streichen mühsam, und es ist daher besser, denselben mittelst einer hölzernen Schraubzwinge so auf einen Tisch zu befestigen, daß seine Pole über denselben hervorragen, Fig. 485, um nun die zu streichenden Lamellen zu bewegen. Bei Elektromagneten ist dieses ohnehin schon der Conductoren wegen nöthig, wenn sie nicht etwa in einem besonderen Gestelle befestigt sind.

- 234 Größere Magnete haben immer eine im Verhältniß zu ihrem Gewichte geringere Tragkraft. Ist M das getragene Gewicht, p das Gewicht des Magneten, so ist nach Häcker $M = a \sqrt[3]{p^2}$, wobei a ein constanter Factor ist, der je nach der Stahlsorte und der Härtung sich ändert. Häcker fand, daß dieser Factor, wenn M und p in baierischen Lothen ausgedrückt werden, $= 39,8$ werden könne, was schon sehr viel ist, und man wird im Allgemeinen sehr zufrieden sein können, wenn man diese Zahl erreicht, obwohl sie bei einzelnen Magneten überschritten werden kann. Jedenfalls kann man auf diese Weise leicht die Magnete prüfen und hat einen Anhaltspunkt für ihre Güte.

Bei solchen Versuchen legt man in eine am Anker befindliche Wagschale rasch nach einander kleine gleiche Gewichte, etwa grobe Schrotkörner; sollte der Anker ungleich losreißen wollen, so verrückt man den Aufhängepunkt der Wagschale am Haken des Ankers ein wenig, um ein möglichst gleiches Losreißen zu erhalten; daß die Berührungsfläche des Ankers horizontal stehen müsse, ver-

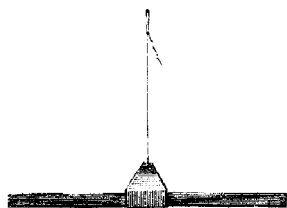
steht sich wohl von selbst. Für genaue Messungen ist jedoch dieses Verfahren nicht genügend.

Fig. 485.



Bei Magnetnadeln und geraden Stäben bleibt aber zur Bestimmung ihrer Güte nur die Schwingungsmethode bequem, wobei Stäbe an ungedrehten Seidenfäden in messingnenem Bügel aufgehängt werden. Ist T die Dauer einer Schwingung in Secunden, p das Gewicht und α die Länge des Magneten, so

Fig. 486.



ist nach Häcker $T = c \sqrt[3]{p} \sqrt[3]{\alpha}$, worin $c = 2,35$, wenn für p wieder bayerische Lothe, aber pariser Zolle für α genommen werden. Der Stab ist dann um so besser, je kleiner c beim Versuche ausfällt.

Um das Anziehen und Abstoßen der 235
Magnete zu zeigen, bedient man sich am

besten etwas großer Magnetstäbe, etwa von 6 bis 8 Zoll Länge, 3 bis 4 Linien Breite und 1 bis $1\frac{1}{2}$ Linien Dicke, die man an mehreren ungedrehten Seidenfäden — wie sie als Rohseide verkauft werden — in einem Schiffchen von Papier oder Messing aufhängt, wie in Fig. 486 (a. v. S.). Wenn man den Versuch mit natürlichen Magneten anstellen will, so bindet man um ihre Mittellinie ein Band und hängt sie an diesem auf die gleiche Weise auf.

236 Vertheilung des Magnetismus. Für die hierher gehörigen Versuche und die Wirkung der Magnete in Entfernung und durch andere Körper hindurch braucht man nebst reiner und etwas feiner Eisenfeile eine Anzahl Stäbchen aus weichem Eisen von etwa der Dicke einer Linie bis zu der einer Stecknadel und von $\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll Länge. Man macht dieselben aus gutem Eisendraht, feilt ihre Enden schwach convex, glüht sie gut aus und schleift die Enden nachher auf einem Schleiffsteine wieder rein.

a) Feilspäncurven. Man legt einen 8 bis 10 Zoll langen Magnetstab unter eine Glas tafel, welche denselben überall um einige Zolle überragt, oder unter ein Papier, welches auf ein Rähmchen gespannt ist. Ventelt man nun durch Flor Feilspäne auf der Platte umher und erschüttert dieselbe wiederholt und leise mit dem Finger, so lagern sich die Eisentheilchen in die bekannten Curven. Wenn man Papier nimmt, welches auf einen Rahmen gespannt und stark mit Wachs überzogen ist und während der Wirkung des Magneten von oben eine heiße Eisenplatte nähert, so fixirt das geschmolzene und wieder erkaltete Wachs die Feilspäncurven.

Auf gleiche Art kann man auch die Lage der Pole in einem mit Folgepunkten versehenen Magnetstabe sehr gut sichtbar machen. Stäbe mit Folgepunkten verschafft man sich am sichersten, wenn man sie durch einen recht kräftigen Hufeisenmagneten — Elektromagnet — mittelst des Doppelstrichs magnetisirt.

b) Hängt man zwei 1 bis 2 Zoll lange Stückchen aus dünnem Draht an Seidenfäden neben einander auf und nähert ihnen einen Magneten, so stoßen sie sich der ganzen Länge nach ab.

c) Taucht man die gleichnamigen Pole zweier Magnetstäbe in Eisenfeile und nähert dieselben einander, so weichen die hervorstehenden Feilspänstrahlen gleichsam vor einander zurück; nimmt man aber hierzu die ungleichnamigen Pole, so greifen diese Strahlen gegen einander, wie die Arme eines Polypen gegen seine Beute.

d) Hängt man an den einen Pol eines Magneten ein weiches Eisenstäbchen, so ist dieses im Stande ein zweites kleineres und dieses ein drittes zu tragen u. s. w., je nach der Stärke des Magneten; schiebt man aber das oberste Stäbchen vom Magneten weg, so fallen bald auch die anderen auseinander. Macht man denselben Versuch an den beiden Polen eines Hufeisenmagneten, so kann

man auch die Enden der beiden untersten noch getragenen Stäbchen unter sich in Berührung bringen, und man erhält so eine durch die Wirkung beider Pole getragene Kette.

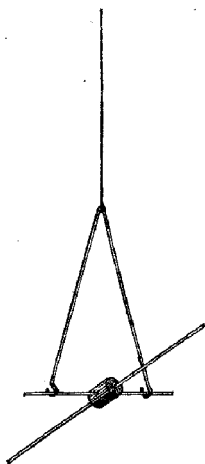
Setzt man Eisen im glühenden Zustande der Vertheilung aus und löscht 237 dasselbe sodann, so bleibt es magnetisch. Am einfachsten geht dieses mit Eisenfeile und einem hufeisenförmigen Magneten. Feilspäne hängen sich leicht in einer dicken Masse zwischen beide Pole, besonders wenn man Ferrum alcoholisatum der Apotheker anwendet; man kann diese Masse wie Teig behandeln und soviel davon nehmen, daß der Kest ein etwa noch fingerbreites und halb so dickes Band bildet. Dieses Band nun glüht man mit einer Weingeistlampe, allenfalls unter Anwendung des Löthrohrs, und löscht es sofort ab. Der mittlere Theil der Feilspäne hält nun an einander, kann als ein einziges Stück weggenommen werden und hat die Eigenschaften eines Magneten. Am besten eignet sich zu diesem Versuche ein kräftiger Elektromagnet, insbesondere auch deswegen, weil man sich bei ihm vor zufälliger Erhitzung der Pole nicht zu hüten braucht, wenn nur die Seide des unwickelten Drahtes nicht Feuer fängt.

Declination der Magnetnadel. Um von der Richtung der 238 Magnetnadel eine deutliche Vorstellung zu geben, ist es sehr zweckmäßig, in dem Lehrzimmer mittelst aufgehängter Pendel die Mittagsebene zu bezeichnen. Man befestigt zu dem Ende an der Decke etwa drei unverrückbare Eisen, an welchen die Pendel aufgehängt werden, und an welchen ein scharfer Einschnitt die Stelle, über welcher der Faden hängen muß, bezeichnet; als Pendel dienen dabei Kugeln an seidenen Fäden. Bringt man nun auf ein rechtwinklig gerichtetes Brettchen eine leicht bewegliche, etwas lange Magnetnadel an, und theilt den ihr entsprechenden Kreis von Hand in ganze Grade, so daß der durch 0 gehende Durchmesser mit der Seite des Rectfects parallel geht, so ist es sehr leicht, diesen Durchmesser in die Ebene des astronomischen Meridians zu bringen und die Abweichung nach Graden annähernd zu bestimmen. Durch welche Mittel aber eine Mittagslinie am einfachsten bestimmt werden kann, hängt von der Lage des Zimmers ab, in welchem sie angebracht werden soll, und es können daher hier nicht wohl die verschiedenen Fälle durchgegangen werden. Ist das Zimmer im Erdgeschosse, so stellt man im Freien einen Mestisch so auf, daß die ungefähre Richtung der Mittagslinie durch diesen und eine Fensteröffnung geht; man bestimmt dann auf der Mestischplatte zur Zeit des Solstitiums mittelst des Gnomons oder eines durchbohrten Bleches durch correspondirende Sonnenhöhen eine Mittagslinie, legt an diese das Lineal des Mestischauflages, und läßt die Fäden im Inneren des Zimmers so hängen, daß sie alle mit dem senkrechten Faden im Fernrohr correspondiren; daß man hierzu hellfarbige Seidenfäden nehmen muß, wird man leicht einsehen.

239 **Neigung der Magnetnadel.** Zur Erläuterung der Lehre von der Inclination kann man folgenden Versuch vorausschicken, der auch noch in anderer Beziehung instructiv ist.

Man legt einen Magnetstab von etwa ein Fuß Länge horizontal und bindet ein magnetisch gemachtes etwa zolllanges Stückchen einer Stricknadel an

Fig. 487.



einen feinen Faden. Führt man nun die kleine Nadel über dem großen Stabe hin und her, so richtet sie sich bei jeder Lage des großen Magneten nach den Polen von diesem und steht über seiner Mitte waggerecht, während sich gegen die Enden hin immer der freundschaftliche Pol senkt. Besser zeigt sich der Versuch, wenn man durch einen ganz dünnen Korkstöpsel eine magnetische Stricknadel steckt und senkrecht zu dieser eine nicht magnetische, welche letztere dann in eine Gabel von Draht, wie in Fig. 487, gelegt und an einem ungedrehten Seidenfaden aufgehängt wird. Man schiebt die als Axe dienende Nadel dicht über der anderen durch den Kork und verschiebt letztere so lange, bis sie horizontal steht.

So wenig als bei der Declination kann bei der Inclination von genauer Bestimmung dieses Verhältnisses hier die Rede sein. Auch in diesem Falle handelt es sich beim Unterrichte nur um Darlegung des

Fachums und ungefähre Messung. Hierzu reicht eine 5 bis 6 Zoll lange Magnetnadel aus, durch deren Mitte eine beiderseits auf der Drehbank gespitzte und zwischen den Spitzen mit Schraubengängen versehene Axe geht, Fig. 488. Die

Fig. 488.



Axe hat etwas Spielraum in der Nadel, und diese wird durch zwei Schraubenmuttern *a, b*, welche auf einer gleichen Axe wie die zugespitzte abgedreht wurden, auf die Axe befestigt. Um die Axe möglichst genau in den Schwerpunkt der Nadel zu bringen, verschiebt man die Nadel mittelst schwacher Schläge eines Stückchen Holzes zwischen den schon ein wenig angezogenen Schraubenmuttern und versucht auf ihrem Gestelle, ob man das Gleichgewicht für jede Lage nahezu richtig erreicht hat. Diese Nadel wird auf ein Gestell wie Fig. 489 gelegt, wo auf einem Brettchen eine messingene Gabel befestigt ist, deren oberes Ende Fig. 490 in natürlicher Größe zeigt. Es ist nämlich die innere obere Kante einer jeden Seite der Gabel cylindrisch so ausgefeilt und mit Smirgel ausgeschliffen, daß die stählerne Axe der Magnetnadel gerade nur mit ihrer Spitze auf diese Flächen gelegt werden kann, indem dieselben einen größeren Winkel mit der Horizontalen machen, als die Seitenlinie der kegelförmig

zugespitzten Axe. Bei dieser Vorrichtung muß man die Drehungsebene der Axe in die Ebene des magnetischen Meridians bringen. Da man jedoch, wenn die

Fig. 489.

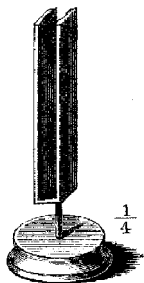


Fig. 491.

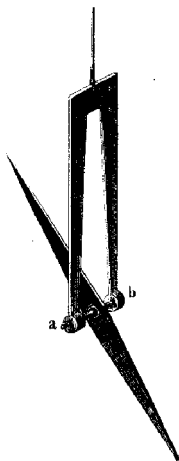


Fig. 490.

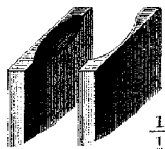
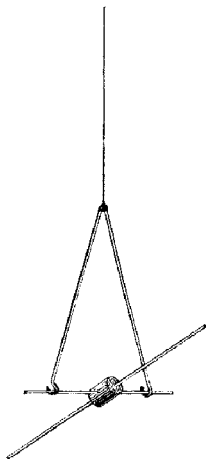


Fig. 492.



Fig. 493.



Nadel einmal magnetisch gemacht ist, nicht mehr zeigen kann, daß sie vorher im Gleichgewichte war, so bleibt nichts Anderes übrig, als die Pole der Nadel umzukehren und so zu zeigen, daß stets der Nordpol sich zur Erde neigt.

Man kann die Nadel auch in einer Gabel, wie Fig. 491, an einem Faden aufhängen. Die Gabel erhält dann bei *a* und *b* zwei Schrauben von Stahl, wie Fig. 492, an deren Spitze eine kegelförmige Vertiefung sich befindet, die aber einem stumpferen Kegel angehört, als die kegelförmige Vertiefung der Axe, und im Grunde noch ausgebohrt ist, wie dieses schon bei den Rollen erörtert wurde. Die beiden Schrauben werden so weit hineingedreht, daß die Spitzen der Axe im Grunde der Höhlungen liegen, ohne aber noch von den Schra-

ben gedrückt zu werden. Dieser Apparat stellt sich von selbst in den magnetischen Meridian, bedarf aber einer sehr sorgfältigen Arbeit.

Am einfachsten ist der schon vorher erklärte Apparat, Fig. 493. Man schiebt hier jedes Mal eine noch unmagnetische Strichnadel durch den Kork, so daß sie für sich horizontal steht, und schneidet entweder unterhalb vom Kork weg oder befestigt oben auf denselben Klebwachs, um den Schwerpunkt einigermaßen in die Axe zu bringen, und magnetisirt sodann die Nadel, kehrt etwa auch noch ihre Pole um, u. s. w.

- 240 Einfluss des Erdmagnetismus auf das Eisen.** Diesen Einfluß zeigt man am einfachsten mittelst einer empfindlichen Magnetnadel und einem etwa 3 bis 4 Fuß langen starken Stabe aus weichem Eisen, den man aber, nachdem er nochmals gut ausgeglüht wurde, nun zu nichts Anderem gebrauchen darf, indem alle mechanische Behandlung des Eisens demselben einige Coercitivkraft giebt. Man hält die Stange in die Richtung der Inclinationsnadel, und nähert ihr eine kleine empfindliche Magnetnadel am oberen und am unteren Ende. Die Stange kehrt ihre Pole um, wenn man sie umkehrt; klopft man aber im Zustande der Vertheilung mit einem Hammer ihrer ganzen Länge nach daran, so erhält sie einen bleibenden Magnetismus.

Sechstes Capitel.

Versuche über die Electricität.

A. Allgemeine Bemerkungen und die Behandlung der Electrometer und der Elektrisirmaschine.

- 241 Hollundermark.** Man erhält dasselbe nur im Winter aus den einjährigen Drieben des Hollunders, indem man das Holz mit einem guten Messer streifenweise herunterspaltet. Man kann das Mark auch durch Herausdrücken erhalten, allein es bekommt seine lockere Structur nicht mehr ganz, wenn man es auch sogleich wieder streckt. Die Kugeln werden mit einem scharfen Messer geschnitten und zuletzt zwischen beiden Händen gerollt. Noch leichter ist das Mark von Helianthus; es wird auf die gleiche Weise behandelt.
- 242 Seidenfäden und seidene Schnüre.** Nicht alle Seidenarten sind gleich gut, namentlich, wenn sie mit metallischen Farben — wie Berlinerblau — gefärbt sind. Man kann sich leicht davon überzeugen, ob die Seide isolirt, wenn man über einem Drahte an demselben Seidenfaden von etwa 8 bis 10 Zoll Länge zwei Hollundermarkkugeln aufhängt, und beiden dieselbe Electricität mittheilt. Sie dürfen im geheizten Zimmer im Winter nur sehr langsam wieder zusammensinken. Insbesondere muß man bei seidenen Schnüren darauf sehen, daß sie keinen baumwollenen Kern haben, was beinahe immer der Fall ist. Sicherer geht man bei den sogenannten Nestelschnüren, welche immer ganz von Seide sind, und bei seidenen Bändern.

Glas. Das Glas ist in seiner Qualität für elektrische Zwecke sehr un- 243
gleich und leitet sehr oft die Elektricität. Gemeines grünes Glas — nicht aus
weißer Glasmasse durch Kupfer oder Chrom grün gefärbtes — leistet in der
Regel die besten Dienste. Doch giebt es auch weißes Glas, welches gut ist,
wozu namentlich das böhmische gehört. Ob Glas gut isolirt, zeigt sich gleich,
wenn man an demselben mittelst feiner Feinwandfäden Hollundermarkflügeln
aufhängt, und ihnen Elektricität mittheilt oder ein schon gut isolirtes Elektro-
meter ableitend damit berührt.

Außerdem aber, daß einige Glasarten leiten, sind sie alle, wenn auch un-
gleich stark, hygroskopisch; sie werden auf ihrer Oberfläche gern feucht. Darum
zieht man, wo thunlich, massive Glasröhren den Röhren vor. Gegen diesen
Uebelstand hilft auf einige Zeit das Erwärmen und das Abreiben mit warmen
Tüchern; dauerhaft aber hilft das Ueberziehen mit Schellackauflösung oder Sie-
gellack. Wird Schellack genommen, so darf der Ueberzug nur dünn sein und
das Glas muß vorher erwärmt werden, gerade so, wie man beim Firnissen der
Metalle verfährt; Siegellackauflösung aber wird so oft aufgetragen, bis sie einen
undurchsichtigen, gleichförmig rothen Ueberzug bildet; man darf dabei immer
nur wenig auf einmal auftragen. Ersteres hilft aber nicht vollständig, und
letzteres entstellt die Apparate zu sehr; die rothe Uniform der elektrischen Appa-
rate ist nicht mehr in der Mode.

Alle Versuche mit Reibungselektricität gelingen sicherer im Winter im ge-
heizten Zimmer, und es ist daher zweckmäßig, diesen Abschnitt in das Winter-
fenester zu verlegen.

Guttapercha ist ebenfalls ein für elektrische Versuche sehr brauchbares 244
Material; man bekommt sie in papierdünnem Zustande, in Schnüren und über-
haupt in jeder Form. Frisch in warmem Wasser durchgesehen und getrocknet
isolirt sie vortrefflich, und wird durch Reiben mit Wolle negativ elektrisch. Leider
verliert sie an der Luft diese Eigenschaften mit der Zeit mehr oder weniger und
wird selbst brüchig, so daß sie für derartige Versuche weniger Werth hat, als
man anfänglich glaubte.

Das Amalgam. Riemayer'sches Amalgam besteht aus 1 Zinn, 245
1 Zink, 2 Quecksilber, während Andere 2 Zinn, 3 Zink und 4 Quecksilber und
wieder Andere noch einen Zusatz von Wismuth empfehlen. Man schmilzt zuerst
das Zinn in einem heftigen Tiegel und setzt dann stückweise das Zink zu; zu-
legt kommt das Quecksilber. Letzteres wird vorher erhitzt und unter beständigem
Umrühren langsam zugelegt, während der Tiegel schon vom Feuer genommen ist.
Man kann indeffen auch alle drei Theile direct zusammenbringen und erhitzen;
bei mäßiger Hitze findet die Lösung statt. Unter fortwährendem Umrühren mit

einem eisernen Stabe gießt man dann die Masse langsam in Wasser. Man erhält das Amalgam auf diese Weise gekörnt und kann es auf Papier mit einem Hammer fein reiben. Es wird getrocknet und in einem wohlverschlossenen Gefäße verwahrt. Frisch gepulvertes wirkt immer besser, denn es oxydirt sich mit der Zeit auf der Oberfläche und das Oxyd hindert seine Wirkung. In neuerer Zeit wurde folgendes Amalgam ganz besonders gerühmt: 1 Theil Zink wird geschmolzen und langsam 4 Theilen Quecksilber, welches bereits in eisernem oder steinernem Mörser erhitzt wurde, zugefetzt; das Amalgam wird mit erwärmtem Pistill bis zum Erkalten gerieben und hat butterartige Consistenz. Erfahrungen hat der Verfasser hierüber noch nicht gemacht, es scheint aber überhaupt nicht jedes Amalgam für jede Glasorte gleich gut zu sein, sonst könnten wohl nicht so verschiedene Vorschriften existiren.

Will man frisches Amalgam auftragen, so muß das alte vorher mit einem stumpfen Messer abgeschabt werden; das Leder wird sodann mäßig mit Fett bestrichen und das Amalgam mit dem Messer darauf möglichst gleichförmig vertheilt, indem man es aufstreicht. Besser ist es, das fein zerriebene Amalgam geradezu auf das Leder zu schütten, dann das Reibzeug über Papier umzukehren und darauf herum zu reiben. Es bleibt so gerade das nöthige Amalgam hängen. Ein aus Wollenzug aufgerollter und mit Faden festgebundener Cylinder von 1 bis 2 Zoll Durchmesser dient mit einer seiner Grundflächen vorzüglich zum Aufreiben des Amalgams. Das Amalgam muß nach dem Auftragen nicht nothwendig Metallglanz annehmen.

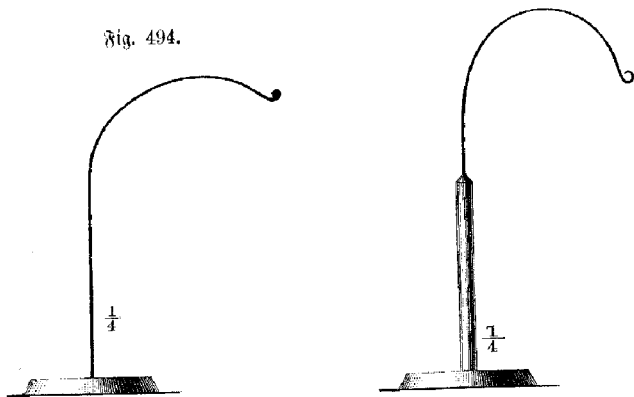
246 Ketten sind, wo thunlich, als Zwischenleiter zu vermeiden, weil durch ihre zahllosen Ecken und Spitzen zu viele Electricität verloren geht; besser sind biegsame Messingdrähte von der Dike eines Millimeters, die man geradezu an den betreffenden Stellen umbindet. Nur da, wo es sich um Entladung von Leydner Flaschen handelt, kann man ohne Nachtheil Ketten anwenden, um die äußere Belegung mit den Apparaten, durch welche die Entladung gehen soll, und diese mit dem Entlader zu verbinden. Ueberall aber, wo die Electricität eine höhere Spannung annimmt, muß man Messingdrähte von 2 bis 3 Linien Durchmesser, deren Enden wohl abgerundet und zu weiten Haken umgebogen werden, anwenden. Die ganzen Haken werden dann mit der Feile eben gezogen, mit Bimsstein und Smirgel geschliffen und stark mit Schellack gestrichelt.

247 Fundamentalversuche. Das Angezogenwerden leichter Körper und den Unterschied zwischen Leiter und Nichtleiter, positiver und negativer Electricität zeigt man am besten mit Hollundermarkfigelchen, wovon man einzelne und Paare an leinenen und seidenen Fäden befestigt, indem man diese geradezu mit einer Nadel durchführt, sodann auf die Gegenseite einen Knoten macht, und

diesen durch etwas stärkeres Anziehen, nachdem der Fadenrest knapp abgeschnitten ist, in das Kugelhchen hineinzieht. Die Leinwandfäden müssen sehr fein sein, da sie sonst durch das Gewicht der Kugelhchen nicht gestreckt werden; man nimmt dazu sogenannten Spitzenfaden. Man kann übrigens auch sehr feinen Draht verwenden. Besser wird der Versuch in der Ferne sichtbar, wenn man statt der Hollundermarkkugelhchen hohle Cylinder aus Goldpapier macht, und sie wie jene aufhängt. Die Abstoßung gleichartig elektrischer Körper zeigen zwei an Seidenfäden aufgehängte Ballons aus Collodium; sie werden elektrisch, wenn man sie nur ein paar Mal durch die trockene Hand zieht, müssen aber Jahr für Jahr neu gemacht werden, da sie zerfallen. Ähnlich ist es mit Ballons aus Gummi, auch diese schrumpfen bald ein. Zum Aufhängen kann man sich entweder einfach eines in einem Fuß befestigten, oben weit umgebogenen Drahtes bedienen, wie Fig. 494, oder diesen Draht durch eine Glasröhre isoliren, indem man ihn durch Siegellack einkittet, wie Fig. 495. Das allereinfachste Gestell erhält man, wenn man ein etwas breites Fläschchen zur Hälfte mit Sand oder Feilspänen

Fig. 495.

Fig. 494.



füllt, und eine rechtwinklig umgebogene Glasröhre durch einen Kork in dessen Hals steckt, oder einen ebenso gebogenen Draht. Letzteres ist für die hier in Rede stehenden Versuche besser, denn wenn die angewendete Glasröhre isolirte, so müßte man leinene Fäden ableitend berühren; darum muß man auch bei dem Gestelle Fig. 495 einen ableitenden Draht anhängen, wenn man die Versuche mit dem leinenen Faden macht. Isolirende Gestelle sind aber dann zu mancherlei anderen Zwecken brauchbar. Die Fäden müssen jedenfalls 3 bis 4 Zoll lang genommen werden. Damit ein hölzerner Fuß gehörig fest stehe, wird unterhalb eine ringförmige Vertiefung eingedreht und diese mit Blei ausgegossen.

Siegellack wird durch leichtes rasches Reiben mit einem wollenen Lappen sehr stark elektrisch; bei der hierzu bestimmten Glasröhre muß man gewöhnlich für den Anfang etwas länger reiben, bis die Wirkung eintritt, besonders wenn man dieselbe vorher nicht erwärmt. Das Reiben geschieht mit einem ledernen Lappen, den man ein wenig mit Fett eingerieben und dann mit gepulvertem Amalgam überzogen hat (§. 245).

Man kann auch eine fingerdicke, etwa 3 bis 4 Zoll lange Glasstange an einem Faden aufhängen, sie reiben und dann zeigen, daß sie von der anderen Glasstange abgestoßen, von der Siegellackstange aber angezogen wird. Man muß dabei durch Verücken des Fadens die Stelle des Schwerpunktes des Glasstabes suchen und hier ringsum mit der Feile einen Strich machen, in welchen man dann den Faden einknüpft, damit er sich beim nachfolgenden Reiben nicht wieder verschiebt. Auf gleiche Weise kann man mit einer Siegellackstange verfahren, an der sich der Faden natürlich leichter befestigen läßt. Sind beide aufgehängte Stangen gerieben, so ziehen sie einander an. Am besten legt man bei diesem Versuche die geriebenen Glas- oder Siegellackstangen in ein zu einem Bügel zusammengebogenes zolllanges Stück Kartenpapier, welches an einem der oben erwähnten Gestelle entweder mittelst eines feinen Drahtes oder eines anderen ungedrehten Fadens aufgehängt wird, z. B. mittelst eines vielfachen Seidenfadens, wie die rohe Seide in den Handel kommt. Man darf aber der kleinen — kurzen — geriebenen Glasstange, die man nie so recht kräftig reiben kann, keine übermäßig geriebene oder sehr dicke Glasstange oder Röhre nähern, sonst bekommt man immer oder fast immer Anziehung.

Wenn man in eine Glasröhre einen spiralförmig aufgewundenen Draht, dessen Windungen unter sich 2 bis 3 Linien Abstand haben und die Wände der Röhre berühren, hineinsteckt, dessen oben herausragendes Ende in eine Metallkugel — angegoßene Zinnkugel — endigt, so erhält man beim Reiben der Röhre aus der Kugel ziemlich ordentliche Funken. Die Glasröhre muß — als Handhabe — noch etwa 6 Zoll länger sein als die Spirale.

Um zu zeigen, daß bei jedem Reiben beide Elektricitäten frei werden, kittet man am einfachsten eine etwa 2 Zoll breite einerseits mit einem Leder beleimte Holzscheibe an eine Siegellackstange. Das Leder wird, wie gewöhnlich, amalgamirt und dann die Scheibe auf einer Glasstange oder auch auf einer Glascheibe gerieben. Beide werden dadurch elektrisch, und zwar entgegengesetzt, was ihre Wirkung auf bereits elektrisch gemachte Hollundermarkkügeln oder irgend ein anderes Elektroskop zeigt.

Schleift man die eine Hälfte einer Glasstange matt, was auf jedem gewöhnlichen Schleifsteine bald geschehen ist, so kann man an ihr den Einfluß, den die Beschaffenheit der Oberfläche auf die entstehende Elektricität hat, sehr gut sehen. Eine solche Glasstange wird, wenn sie z. B. mit Wollenzeug ge-

rieben wird, auf der matten Seite positiv, auf der glatten negativ elektrisch; jede Stelle muß aber einzeln gerieben werden; reibt man die ganze Stange, so erhält man meistens keine Elektricität. Dieser Versuch scheint von mancherlei zufälligen Umständen abhängig und ist nie sicher; selbst solche Glasstangen, welche früher brauchbar waren, zeigen sich manchmal mit der Zeit unbrauchbar, d. h. sie geben überall einerlei Elektricität. Sicherer wird jede Glasstange negativ elektrisch, wenn man ihr zuerst alle Elektricität nimmt, dadurch daß man sie durch eine Weingeistflamme hin- und herzieht, und, wenn sie am Elektrometer (das man vorher durch Vertheilung elektrisch gemacht hat) wirklich gar keine Elektricität mehr zeigt, ganz leicht einmal mit einem wollenen Tuche bestreicht.

Die elektrische Nadel. Man kann dieselbe einfach auf folgende 248 Weise herstellen. *aa*, Fig. 496, ist ein hölzernes Füßchen von etwa $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll Durchmesser, in welches die gut isolirnde Glasröhre *b* gesteckt ist; in

Fig. 496.

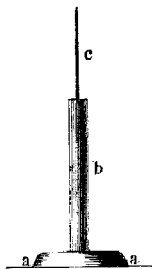


Fig. 497.



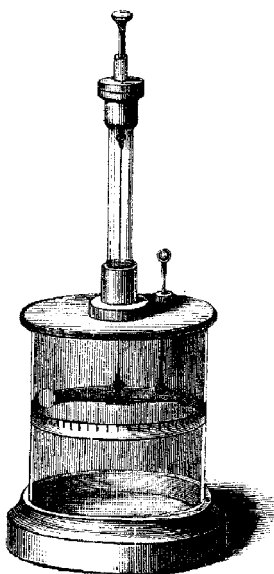
legtere wird mittelst Siegellack oberhalb eine feine Nähnadel *c* gesteckt, auf welcher sich die elektrische Nadel drehen soll. Will man dieselbe im nicht isolirten Zustande gebrauchen, so darf man nur ein dünnes, am Ende hakenförmig gebogenes Drähtchen, das etwas länger ist als die Glasröhre *b*, an die Nadel *c* hängen. Die elektrische Nadel selbst kann aus einem einfachen Messingdrahte von etwa einer halben Linie Dicke und zwei Zoll Länge bestehen, in dessen Mitte man eine konische Vertiefung fast durchbohrt und sie mit einem konischen Stückchen Holz und Smirgel ausschleift. Die Enden der Nadel werden nach dem Aequilibriren sorgfältig abgerundet. Leichter und beweglicher wird die Nadel, wenn man das Hütchen für sich aus Messing macht und dann diametral gegenüberstehend zwei etwas größere Stecknadeln mit den Spitzen an dasselbe löthet. In diesem Falle kann man das Hütchen auf der Drehbank fertig machen und es daher auch sorgfältiger und besser ausschleifen.

Man erhält übrigens schon ein sehr leicht bewegliches Hütchen, wenn man ein Stückchen Messingblech von der Breite einer Linie und etwa 0,2 Linien Dicke biegt, wie Fig. 497, und dann in die Mitte desselben mittelst der Kernspitze eine kleine Vertiefung einschlägt, wie dieses schon bei den Magnetenadeln näher erörtert ist. Die Nadeln werden auch hier angelöthet.

Coulomb's Elektroskop. Man verfertigt dasselbe am einfachsten 249 aus einem weißen Schoppenglase (= $\frac{3}{8}$ Liter), über dessen isolirnde Eigenschaft man sich dadurch Gewißheit verschafft, daß man die elektrische Nadel mit

nicht isolirtem Stativ daraufliegt, und beobachtet, wie lange sie bei trockenem Wetter elektrisch bleibt. Auf das Glas richtet man einen hölzernen Deckel, Fig. 498, der auf demselben mäßig fest steckt und in der Mitte eine Oeffnung hat, in welche eine 2 bis 4 Zoll lange und $\frac{1}{4}$ bis 1 Zoll weite Glasröhre

Fig. 498.



gekittet wird, welche oben eben geschliffen ist. Auch diese erhält einen aufsteckbaren Deckel von Holz, der in der Mitte eine Oeffnung für einen kleinen Kork hat, durch welchen ein Messingstift auf- und niedergeschoben werden kann, an welchem ein Coconfaden angeklebt ist.

Cocons sind wohl überall zu bekommen, und man kann sich selbst von denselben den Seidenfaden auf eine Papierrolle abwickeln, wenn man sie in warmes Wasser legt. Da man zu mancherlei Zwecken solcher einfacher Seidenfäden bedarf, so muß man sich schon einmal diese Mühe nehmen. Im Handel kann man nämlich solche Seide nicht wohl bekommen, indem die hierfür bestimmten Fäden schon beim Abhaspeln mindestens triplirt werden. Doch bedarf man auch zu manchen Zwecken stärkerer Fäden, wozu dann diese letzteren sich besonders eignen. Man kann sie aus den Seidenzwirnereien — sogenannten Seidenfabriken — leicht bekommen. Durch bloßes Auflösen schon fabricirter Seide erhält man kaum brauchbare Fäden.

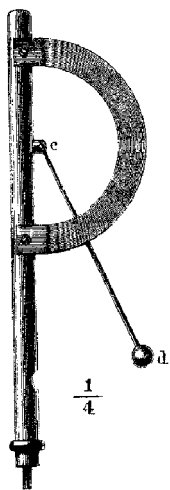
An diesen Coconfaden nun befestigt man unten durch Ankleben einen dünnen horizontalen Schellackfaden, den man sich leicht in gleichförmiger Dicke durch Ausziehen eines durch und durch erwärmten Stüchchens Schellack verschaffen kann. In einer dem Halbmesser des Glases entsprechenden Entfernung vom Aufhängepunkte klebt man ein Scheibchen aus Raushgold von etwa $1\frac{1}{2}$ bis 2 Linien Durchmesser so an den Schellackfaden, daß seine Ebene vertical zu stehen kommt. Gerade dem Coconfaden gegenüber kann man noch ein kurzes Stüchchen Schellack vertical anbringen, damit der Schwerpunkt des Ganzen etwas weiter nach unten kommt, und sodann beide Arme des Schellackhebels dadurch ins Gleichgewicht setzen, daß man anfänglich den leeren etwas länger läßt, und den Ueberschuß durch ein genähertes Licht in ein Knöpfchen schmilzt; wäre dieses zu schwer, so darf man nur noch mehr zurückschmelzen. In dem Deckel des Glases muß sich eine Oeffnung befinden von etwa $\frac{1}{2}$ Zoll Durch-

messer, durch welche man den zu prüfenden Körper an einem Schellackstäbchen zu der Rauschgoldscheibe bringt. Das Stäbchen hat oberhalb eine kleine Scheibe, mit der man es auf die Oeffnung im Deckel aufsetzen kann, so daß dann die unten daran befindlichen Körper gerade bis zum Rauschgoldscheibchen herunter reichen. Die Abstoßung mißt sich auf einem rings um das Glas geklebten, in 360 Grade getheilten Streifen Papier, und das Null der Theilung fällt mit der Stelle zusammen, wo das Scheibchen die eingeführten Körper berührt. Für gewöhnlich führt man jedoch die Körper selbst nicht in das Glas, sondern durch die Oeffnung im Deckel wird ein in eine gut isolirende Glasröhre eingeschlossener Draht, der sich oben und unten in eine Kugel endigt, auf gleiche Weise eingesetzt, wie das Schellackstäbchen, und diesem die Elektrizität mitgetheilt, was natürlich schon stärkere Elektrizität erfordert. Durch Drehung des Stiftes in der oberen hölzernen Fassung an der Glasröhre kann man es immer so richten, daß das Scheibchen aus Rauschgold im nicht elektrischen Zustand sich auf 0 einstellt. Für die meisten Versuche wird es gut sein, wenn man etwas Chlorcalcium in einem Schälchen in das Glas stellt, um die Luft gehörig zu trocknen; doch ist dieses nicht absolut nöthig und reicht bei eigentlich feuchtem Wetter auch nicht aus. Bei solchem können die Fundamentalversuche über die Elektrizität überhaupt gar nicht mit dem gehörigen Erfolge angestellt werden.

Außer den bereits angeführten drei Vorrichtungen, um das Vorhandensein der Elektrizität zu erkennen, nämlich dem Hollundermarkelektroskop, der elektrischen Nadel und dem Coulomb'schen Elektroskop, hat man noch folgende sogenannte Elektrometer, die theils nur zu bestimmten Zwecken gebraucht werden,

Fig. 499.

theils auch wirklich wenigstens einige Messung und Vergleichung über die Stärke der Elektrizität zulassen und in ihrem Gebrauche einfacher sind, als das von Coulomb.



Das Quadrantenelektrometer. Am einfachsten 250) wird dasselbe aus einem runden hölzernen Stabe, Fig. 499, verfertigt, an welchem man einen elfenbeinernen Bogen befestigt, von dem ein Quadrant etwa von 5 zu 5 Grad getheilt ist. Der Mittelpunkt der Theilung befindet sich bei *c*, wo das kleine Pendel *cd* leicht beweglich aufgehängt ist. Elfenbeinerne Platten, woraus man solche Bogen schneiden kann, bekommt man bei den Kammmachern. Die Theilung wird mit einer Nadirnadel — einem auch sonst mannigfach brauchbaren Werkzeuge — etwas tief eingerissen, und dann mit Tusche geschwärzt; überflüssige Schwärze schabt man mit Glas wieder weg. Der Bogen wird erst eingesetzt, wenn der Träger des Pendels sich an Ort und Stelle befindet; diesen Träger macht man

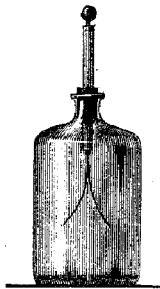
aus einem Stückchen Messing so, wie Fig. 500 in natürlicher Größe zeigt, oder man biegt auch nur ein Stückchen Messingblech zum vorderen Theil um und schraubt dasselbe mit einer kleinen eisernen Schraube fest. Das Pendel besteht aus einem dünnen Streifen Fischbein oder Holz, welches man da, wo die stählerne Nre (Stricknadel-Ende) durchgeht, etwas breiter läßt, oder auch aus einem mehr oder weniger feinen Drahte; eben so wird die



Kugel *d*, je nach der Stärke der Elektrifirmaschine — denn bei dieser nur wird das Instrument gebraucht —, aus Hollundermark, Kork oder Metall gemacht. Unterhalb wird in den Stab ein messingener Stift eingeschlagen, der bis auf Pendellänge hinaufreicht; hier wird das Holz eingeschnitten, so daß die Kugel *d* und der Stift in Berührung kommen, wenn das Pendel in Ruhe ist. Mittelft des Stiftes wird das Instrument in eine passende Oeffnung des Conductors gesteckt, oder nach Umständen auch eingeschraubt. Daß die Stärke der vorhandenen Elektricität nicht den Grad der Theilung proportional sei, ist für sich klar.

251 Das **Strohhalmelektrometer** und das **Goldblattelektrometer**. Beide werden am einfachsten aus einem Glase mit engem Halse gemacht, Fig. 501. Die Glasröhre, welche den leitenden Draht enthält, muß gut isoliren und wird dann durch einen Kork gesteckt. Gut ist es, wenn von den

Fig. 501.



Seiten Stanniolstreifen innerhalb des Glases bis über die Oeffnung heraufgehen, um die anschlagenden Blättchen zu entladen, auch wird dadurch der Apparat empfindlicher. Gut ist es immer, wenn die Glasröhre und der obere Theil der Flasche stark mit Siegelack gefirnißt werden. Auch Stücker von Binsenmark können statt der Goldblättchen oder der Strohhalm gebraucht werden; sie sind weniger empfindlich als Goldblättchen und empfindlicher als Strohhalm; sie werden aber, wie letztere, an seine Drahtkatheten aufgehängt, wozu das Ende des Leitungsdrahtes zwei Löcher haben muß. Wenn durch Herausnehmen des

Korks das Glas bereits elektrisch geworden ist, so wird man Goldblättchen — wenn sie aus Buchbindergold sind — schwerlich hineinbringen, weil sie stets vom Halse des Glases angezogen werden; man muß dann warten, bis dieses sich wieder gegeben hat. Wollte man die Elektricität in diesem Falle dadurch weg schaffen, daß man die innere Seite des Halses über die Flamme einer Weingeistlampe hält, so würde man Feuchtigkeit in das Glas bringen. Die Goldstreifen selber läßt man vom Buchbinder schneiden und an das keilförmige Ende des Leitungsdrahtes ankleben, sie werden wie die Strohhalm 1½ bis 2 Zoll lang und 1 bis 2 Linien breit genommen. Etwas stärkeres Gold ist wohl

für
Silb
den
stark
den
Stil



und
Sch
mess
30"
dem
einer

Fig.
eine
Zini
bei
gesch
Sei
welc
dazu
Fig.
ses
wirk

für die meisten Fälle wünschenswerth, und darum Zwischgold (aus Gold- und Silberplatten) zu empfehlen. Soll das Strohhalmelektrometer zu vergleichenden Versuchen dienen, so nimmt man hierzu ein recht reines Schoppenglas von starkem Glase und versieht es mit einem hölzernen oder metallenen Deckel, durch den die Glasröhre geführt wird. Auf den Boden des Glases setzt man in einem Stückchen Holz einen elfenbeinernen Gradbogen, Fig. 502. Wirkliche Halme

Fig. 502.

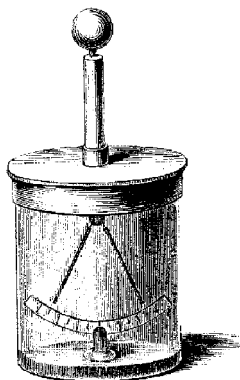
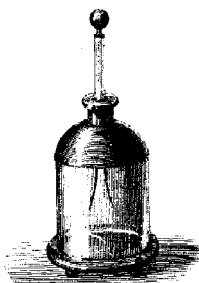


Fig. 503.



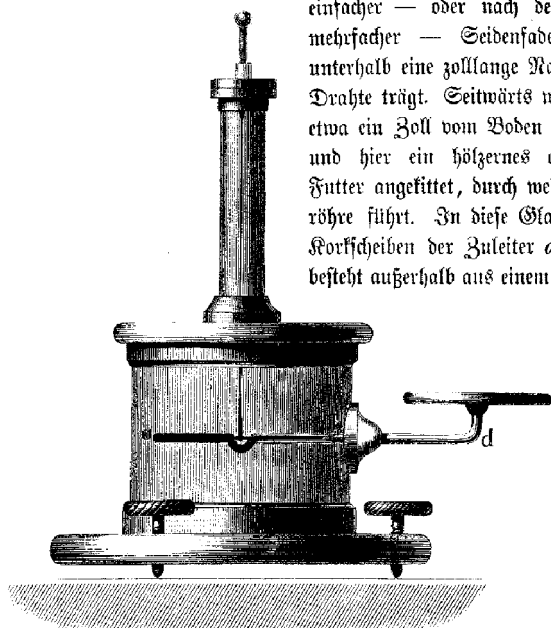
von Getreide kann man jedoch nur anwenden, wenn das Instrument für starke Electricität bestimmt ist; gewöhnlich nimmt man das oberste feinste Ende von zarten Grashalmen, wohl auch Binzenmark. Bei ganz zarten Grashalmen steckt man das Ende eines zu einem Häfchen umgebogenen feinen Silberdrahtes in die Höhlung des Halmes gerade hinein, bei stärkeren Grashalmen kann man das Ende des Häfchens durch den Halm quer durchstechen

und dann umbiegen. In jedem Falle muß sich der Leitungsdraht oben in eine Schraube endigen, um nach Belieben eine kleine Kugel von etwa $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser oder Condensatorplatten aufschrauben zu können. So lange die Divergenz 30° nicht übersteigt, kann man die elektrische Spannung ohne merklichen Fehler dem Winkel proportional nehmen. Fig. 503 zeigt ein solches Elektrometer in einer anderen, ebenfalls sehr verbreiteten Form, und mit hölzernem Fuße.

Das sehr empfindliche Goldblattelektrometer von Andriessen zeigt 252 Fig. 504 (a. f. S.); es unterscheidet sich von dem gewöhnlichen nur dadurch, daß in eine Seitenwand des parallelepipedischen oder runden Glasgefäßes ein etwa 2 Linien weites Loch gebohrt ist, durch welches ein dreimal rechtwinklig gebogener, bei *a* wohl abgerundeter Messingdraht *a, b, c, d* von der Dicke einer Linie, eingeschoben wird. Er ist bei *d* in ein etwa zoll dickes mit einem in das Loch der Seitenwand passenden Zapfchen versehenes abgedrehtes Stückchen Holz eingekittet, welches seinerseits auf die Seitenwand und in die Oeffnung gekittet wird und dazu dient, dem Drahte seine Stellung zu sichern. Man könnte auch, wie Fig. 504 zeigt, ein Röhrchen von Messing an ein rundes Blech löthen, in dieses eine Glasröhre und in diese den Draht fitten, wodurch der Apparat sauberer wird. Da man nun diesem in einen Knopf endenden Drahte selbst die entgegen-

und erhält in der Mitte eine Oeffnung, um eine Glasröhre einzukitten, in welche oberhalb abermals ein kleiner hölzerner Deckel paßt, durch den ein Messingstift

Fig. 506.



geführt ist. An diesen Messingstift ist ein einfacher — oder nach den Zwecken auch mehrfacher — Seidenfaden geklebt, der unterhalb eine zolllange Nadel vom feinsten Drahte trägt. Seitwärts wird in das Glas etwa ein Zoll vom Boden ein Loch gebohrt und hier ein hölzernes oder messingenes Futter ange kittet, durch welches eine Glasröhre führt. In diese Glasröhre ist durch Korkscheiben der Zuleiter *a b d* befestigt, er besteht außerhalb aus einem starken Messing-

draht, der aufwärts gebogen ist und in eine Schraube endigt, um nach Belieben einen Knopf oder einen Condensator aufschrauben zu können; innerhalb des Glases ist an den Draht ein linienbreiter, dünner, überall abgerundeter und geglätteter Messingstreifen vertical mit Zinn eingelöthet, welcher bis auf etwa einen Viertelzoll die gegenüberstehende Glaswand erreicht, und in der Mitte des Glases doppelt gebogen ist, wie Fig. 506 und 507 zeigen. Das Instrument kommt auf ein Brett mit Stellschrauben, wenn nicht der Fuß selbst schon solche enthält, und wird so gerichtet, daß der Faden in die Mitte der Ausbiegung des Messingstreifens reicht, und die Nadel die in Fig. 507 angezeichnete Stellung hat. Durch Drehung des Stiftes wird bewirkt, daß die Elasticität des Fadens die

Fig. 507.



Nadel gerade noch mit dem Messingstreifen in Berührung erhält. Man zieht zu dem Ende den Träger des Fadens in die Höhe, so daß die Nadel sich frei drehen kann, richtet dann durch

Drehen des Trägers ihre Ruhelage so, daß sie die eben angegebene Bedingung erfüllt, und senkt nun die Nadel wieder. Theilt man nun dem Zuleiter Electricität mit, so theilt dieser dieselbe auch der Nadel mit, und letztere wird sodann abgestoßen. Dieses Instrument ist außerordentlich empfindlich und sehr zuverlässig; es leistet z. B. für den Volta'schen Fundamentalversuch mehr als alle anderen; allein beim Unterrichte ist es nicht wohl brauchbar, weil die feine Nadel nur in der Nähe gesehen werden kann.

Anstatt die Torsion eines Seidenfadens zu benutzen, kann man die Nadel aus Stahlbraht machen, welchen man magnetisirt. Das Instrument wird dann so gestellt, daß die Nadel den Messingstreifen nur gerade noch berührt, wenn dieselbe in der Ruhelage sich befindet. Die Ablenkungen können so allerdings nicht gemessen werden.

Indessen hat Pohlrausch dieses Instrument noch empfindlicher gemacht und zugleich zu wirklichen Messungen eingerichtet; allein für die Zwecke, welche hier zu erreichen sind, genügt die beschriebene einfachere Form des Instrumentes.

254 Das Bohnenberger'sche Elektrometer. Auch ein solches Instrument kann man sich sehr leicht selbst herstellen. Man könnte auch hier ein Schoppenglas nehmen und die Ramboni'schen Säulen im Deckel anbringen; allein hier hängt dann auch das Goldblatt zwischen diesen, klebt sich leicht an sie an und wird beim Vorrütteln gar zu oft zerrissen. Allerdings kann man statt eines Goldblattes wohl auch ein ganz schmales Streifchen von feinem Stanniol, woran unten ein Scheibchen gelassen wird, oder Silberlahu, oder Visenmark nehmen, welche nicht so leicht verdorben werden und sich nicht so fest anhängen, aber auch weniger empfindlich sind. Besser ist es immer, man nimmt ein etwa 2 Zoll weites Lampenglas, wie Fig. 508 zeigt, zu welchem Deckel und Fuß von Holz gedreht werden; der Fuß, Fig. 509, erhält in der Entfernung von $\frac{1}{2}$ bis 1 Zoll zwei Vertiefungen zu den Glasröhren der Ramboni'schen Säulen. Die Vertiefungen verbindet man durch einen Schlitz, um den Boden beider durch ein zusammenhängendes Stanniolstreifchen belegen zu können. Die Röhren werden unten offen gelassen, und mit den Papierscheibchen erst gefüllt, wenn sie an Ort und Stelle eingefittet sind; da sie durch den Stanniolstreifen im Boden zu einer Säule verbunden sind, so erhält man immer gleich starke Pole.

Die Glasröhren müssen in Bezug auf ihr Isolirungsvermögen vorher sorgfältig geprüft werden, und so weit sein, daß die Scheibchen sich darin nirgends ansperrern. Blättchen von 2 bis 3 Linien Durchmesser sind groß genug; man schlägt sie mittelst eines entsprechenden Durchschlages, den man ja zu 9 bis 12 Kr. haben kann, aus dem mittelst Stärke zusammengeleisterten unechten Gold- und Silberpapiere aus; läßt man das Papier durch den Buchbinder zusammen-

kleistern, so muß man ihm empfehlen, nicht etwa mit Wein gemischte Stärke zu nehmen, deren sich die Buchbinder öfter bedienen. Das obere Ende der Röhren kann man durch einen sauber geschnittenen Kork schließen und einen Draht hindurch stecken, der auf beiden Seiten zum Ringe umgebogen wird und auf die Papierscheibchen drückt; daß die hervorstehenden Enden gleich lang sein müssen, versteht sich von selbst. Will man das obere Ende mit einer messingenen Fassung, welche außen eine Schraube hat, versehen, um einen messingenen Deckel mit einem abgerundeten Knopfe darauf zu schrauben, so kann man einen harten Messingdraht spiralig aufwickeln und in die Glasröhren stellen, um den Raum bis zu den Scheibchen auszufüllen, wenn die Röhren nicht voll sind. Sind diese Drähte etwas länger als der Raum, so üben sie zugleich einen Druck auf die Scheibchen aus. Der Pol, welcher Kupfer oben hat, ist der positive, weil das letzte Kupfer ungepaart ist, wie das letzte Zinn.

Fig. 508.

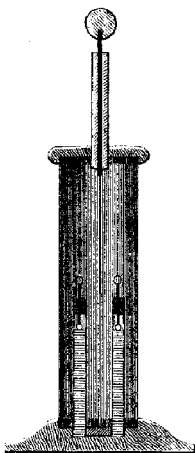
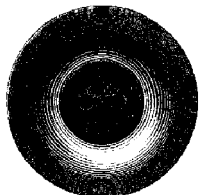


Fig. 509.



Der Leitungsdraht wird auch hier, wie bei den übrigen Elektrometern, entweder mit Seide umwickelt in die Glasröhre gesteckt, oder mit Siegellack überzogen, und mit demselben auch eingefittet. Man giebt dem äußeren Ende desselben das gleiche Gewinde wie bei allen Elektrometern, um für alle dasselbe Paar von Condensatorplatten verwenden zu können.

Die weite Glasröhre wird in ihre Fassungen nicht eingefittet, sondern man bekennt sie, etwas weniger breit als die Fassung tief ist, mit Sammt oder auch nur mit Feinwand, um sie fest einstecken zu können. Die Scheibchen der Jamhoni'schen Säulen legen sich sehr locker aufeinander und man kann daher mehr oder weniger davon in dieselben Röhren bringen, je nachdem man sie mittelst der Polardrähte mehr oder weniger zusammenpreßt. Dadurch kann man auch die Stärke der Pole, mithin die Empfindlichkeit des Instrumentes nach Belieben herstellen, und es lassen sich bei den angegebenen Dimensionen die Pole leicht so stark machen, daß ein zwischen denselben hängender Stanniolstreifen sich längere Zeit als Pendel hin und her bewegt, was natürlich für den Gebrauch des Instrumentes als Elektrometer nicht sein darf. Doch ist es gut, dieser Gränze selbst für das Goldblatt möglichst nahe zu rücken, wenn man ein sehr empfindliches Instrument braucht.

Man hat bei diesem Instrumente statt einer getheilten, auch eine ungetheilte liegende Säule angewendet und die beiden Polardrähte gegen die Mitte geführt. Diese Construction hat das Unbequeme, daß man entweder ein eigens geschnittes

Glas haben, oder ein solches aus Glasplatten zusammensetzen muß; Fig. 510 und Fig. 511 zeigen ein solches Instrument. Diese Construction gewährt aber

Fig. 510.

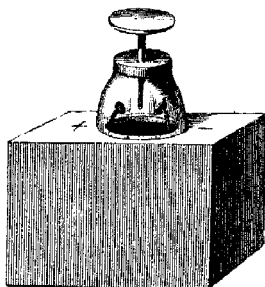
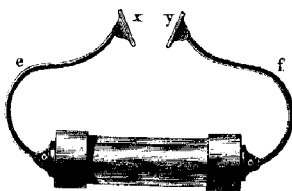


Fig. 511.



allerdings den Vortheil, daß die Polardräthe *ef* länger sind; werden dieselben nun federnd gemacht, so kann man durch von Außen angebrachte und mittelst eines aufgestützten Glasstückchens auf die Drähte wirkende Schrauben die Entfernung der Platten, und dadurch die Empfindlichkeit des Instruments nach Belieben ändern.

- 255 Wenn man zu dem Coulomb'schen Elektroskop ein etwa 6 Zoll weites Glasgefäß verwendet und auch die obere Fassung der Glasröhre mit einer Kreistheilung, den Messingstift aber mit einem durch Reibung feststehenden Zeiger versieht, und dann statt des Schellackhebels mit dem Seidenfaden einen solchen mit einem sehr feinen Silberdrahte anwendet, so kann man auf gleiche Weise eine, wenn auch nicht sehr vollkommene Coulomb'sche Drehwaage zu Stande bringen, an welcher die Torsion des Fadens durch Umdrehen des Stiftes bewirkt wird. Das *o* der oberen Theilung muß auch mit dem der unteren zusammenfallen und das Rauschgoldscheibchen bei dieser stehen, wenn der Zeiger an der oberen Fassung auf *o* steht. Bei der Drehwaage ist es gut, auf der dem Metallscheibchen gegenüberliegenden Seite des Schellackhebels eine Papierscheibe als Gegengewicht anzubringen, da diese als Windfahne dient und der Hebel dadurch eher zur Ruhe kommt. Auch die größere Holzfassung darf nicht eingekittet sein, damit man in das Instrument ein Schälchen mit etwas geglühtem Chlorcalcium stellen kann. Jedenfalls muß vor dem Gebrauche auch das Glas und die Glasröhre mit einem wollenen Lappen sorgfältig getrocknet werden, was übrigens für alle Elektrometer gleichmäßig gilt. Vor einem zahlreichen Auditorium aber die Versuche mit einer Drehwaage zu machen, dürfte nicht leicht angehen, da die Luft in einem mit vielen Menschen angefüllten Zimmer bald zu feucht wird, als daß dieselben übereinstimmende Resultate geben könnten.

Ladung der Elektrometer. Will man einem Goldblatt-, Strohhalm- oder einem Dellmann'schen Elektrometer eine Ladung mittheilen, um dann die Einwirkung eines genäherten Körpers zu beurtheilen, so geschieht dieses immer am besten durch Vertheilung. Man berührt den Knopf des Elektrometers ableitend, während man die geriebene Glas- oder Siegellackstange nähert, und entfernt den Finger wieder, bevor der elektrische Körper entfernt wird. Durch wirkliche Berührung Electricität mitzutheilen, geht meistens nicht gut. Ist der Körper stark elektrisch, so wirkt er oft in der Entfernung schon zu stark auf das Elektrometer, und ist er nur schwach elektrisch, so giebt er als schlechter Leiter einem Knopfe beinahe keine Electricität ab.

Das Probescheibchen. Wenn man die Stärke der Electricität eines Körpers untersuchen will, der selbst zu stark elektrisch ist, als daß er dem

Fig. 512. Elektrometer genähert werden könnte, oder wenn man die Verthei-



lung der Electricität auf der Oberfläche eines Leiters untersuchen will, so bedient man sich dazu des Probescheibchens. Es ist dieses ein Scheibchen aus dünnem Bleche, Kauschgold oder Goldpapier von einem halben Zoll Durchmesser, Fig. 512, welches in seiner Mitte an ein dünnes gut isolirendes und noch mit Siegellack gefirnitztes Glasstäbchen von nur etwa einer Linie Dicke ange kittet ist; noch besser ist ein Schellackstäbchen von gleicher Dicke, die Länge muß etwa 4 bis 6 Zoll betragen; auch ein Streifchen von grünem Fensterglase dient hier sehr gut, sowie man anstatt des Scheibchens auch eine kleine Metallkugel anwenden kann. Mit diesem Scheibchen berührt man den zu prüfenden Körper und theilt die dem Scheibchen mitgetheilte Electricität dann dem vorher durch den Finger entladenen Knopfe des Elektrometers mit. Sollte die Electricität zu schwach sein, so kann man die Mittheilung eine bestimmte Anzahl Male wiederholen.

Die Elektrisirmaschine. Die Elektrisirmaschine ist einer der nothwendigsten Apparate; sie bietet aber zugleich das Eigenthümliche, daß sie ebensowohl in Bezug auf ihren Bau, als in Bezug auf ihre Größe die mannigfaltigsten Abweichungen zuläßt. Was nun ihre Größe betrifft, so bestimmt diese unter sonst gleichen Umständen die Funkenlänge, und es läßt sich nicht leugnen, daß man alle theoretisch wichtigen Erscheinungen mit einer Maschine von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll langen Funken ebensowohl nachweisen könne, als mit einer solchen von 8- bis 12zölligen Funken, indem es am Ende einerlei ist, ob z. B. ein einziges Blatt Papier oder ein ganzes Pack Kartenblätter durchbohrt wird. So abstract kann man indeß die Sache in der Schule nicht immer ansehen,

und gerade die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen ist es sehr oft, welche die Aufmerksamkeit der Schüler fesselt und zur Erläuterung der Theorie beiträgt. Eben so wenig als der Schule, ist dem Liebhaber physikalischer Versuche mit jedem Minimum von Wirkung gebient. Dagegen aber muß auch jeder überflüssige Aufwand vermieden werden, und unter dieser Rücksicht läßt sich behaupten, daß eine Elektrirmaschine, welche an ihrem Conductor 1- bis 2zöllige Funken giebt, für alle Zwecke ausreiche, wenn es sich nicht gerade um Untersuchungen handelt, wie van Marum sie anstellte.

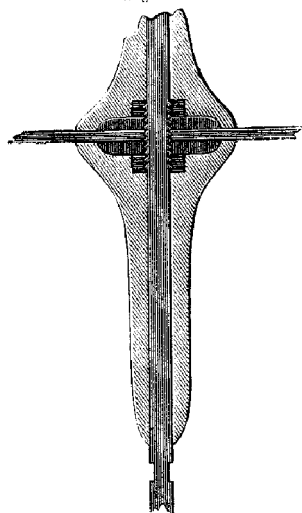
Was den Bau der Maschine betrifft, so bestimmt denselben allerdings die Funkenlänge mit, und es mag hier im Allgemeinen bemerkt werden, daß eine Scheibenmaschine, deren Scheibe 15 bis 18 Zoll Durchmesser hat und nicht reichliche 2zöllige Funken giebt, als schlecht im Bau oder Materiale angesehen werden muß. Ist eine Maschine aber für den Unterricht bestimmt, so muß noch darauf gesehen werden, daß sie auch negative Electricität giebt, und zwar, wo möglich, in gleicher Stärke mit der positiven. Ob sie eine Scheiben- oder eine Cylindermaschine sei, ist gleichgültig; Cylindermaschinen können bei gleicher Wirkung etwas wohlfeiler geliefert werden als Scheibenmaschinen, namentlich wenn es sich nicht um größere als 1 bis 2 Zoll lange Funken handelt.

Die Frage, ob man es unternehmen soll, selbst eine Elektrirmaschine zu bauen, oder ob man eine fertige kaufen soll, ist für den Lehrer eine andere als für den Liebhaber. Ersterer muß entweder den ganzen Apparat neu einrichten, und dann ist eine Elektrirmaschine einer der zuerst anzuschaffenden Gegenstände, und an das Selbstmachen also noch nicht zu denken, oder der Lehrer trifft schon eine Maschine an, die nur nicht eine solche Wirkung hat, wie es nach der Größe der Fall sein könnte, und es müssen nur Verbesserungen angebracht werden. Der Liebhaber wird sich gern seine Maschine selbst construiren. Für beides sollen im Folgenden die Grundsätze entwickelt werden. Bestellt man eine Maschine, so muß man sich ausbedingen, daß dieselbe für positive und negative Electricität brauchbar sei und im Winter im geheizten Zimmer so und so lange Funken gebe.

259 Von dem Reiber. Bei Scheibenmaschinen besteht dieser gewöhnlich aus Spiegelglas, und man bekommt solche Scheiben schon abgerundet und gehohlet aus den Spiegelfabriken; an eine solche muß man sich daher durch einen Spiegelhändler die Adresse verschaffen, wenn man eine neue Scheibe braucht, oder man wendet sich an einen Mechanikus; letzteres dürfte zweckmäßiger sein, da gar viel von der Beschaffenheit des Glases abhängt, worüber man bei einmaliger Bestellung eben keine Erfahrung machen kann. Im Allgemeinen ist auch hier grünliches Glas vorzuziehen; man findet manchmal alte Spiegel aus solchem Glase, welches ganz vorzügliche Wirkung giebt. Aus Tafelglasfabriken bekommt man ebenfalls fertige Scheiben; da dieselben aber nie gehörig eben sind,

so muß für besonders nachgiebige Reibzeuge gesorgt werden; zu empfehlen sind solche Scheiben nicht. Die Axe wird gewöhnlich von Eisen gemacht, sie erhält in der Mitte ein Gewinde und die Scheibe wird durch zwei größere Metallplatten, unter die man noch Feder legt, mittelst zweier Schrauben an der Axe befestigt. Die Axe muß bei kleineren Scheiben beinahe den Durchmesser der Scheiben zur Länge haben, und erhält vom Lager bis zur Scheibe ein stark mit Siegellack gefirnirtes hölzernes Futter, wie Fig. 513 im Durchschnitt zeigt. Da

Fig. 513.



die Oeffnung in der Scheibe immer etwas größer ist als die Axe, so läßt es sich leicht erreichen, daß die Scheibe mit der Axe concentrisch wird, wenn man die Schrauben zuerst nur schwach anzieht. Gläserne Axen sind zwar unbedingt den eisernen vorzuziehen, erfordern aber eine sehr sorgfältige Arbeit und ihre Aufertigung bleibt besser dem Mechanikus überlassen. Eine einfache Art der Axe ist in §. 263 beschrieben.

Die Lager für die abgedrehten Zapfen werden, wie alle Zapfenlager, aus zwei durch Schrauben gegen einander anziehenden Metallstücken — Kanonenmetall — gefertigt und kommen am besten auf den überall wohlhabgerundeten hölzernen Kopf einer gläsernen Säule zu liegen; doch hält buchenes Holz, wenn

die Hirsenseite zur Reibungsfläche genommen wird, für eine Elektrirmaschine als Zapfenlager vollkommen aus. Die Kurbel erhält ebenfalls einen Arm von Glas. Die Isolirung der Zapfenlager ist bei einer gläsernen Axe nicht nothwendig; aber bei einer metallenen Axe, selbst wenn sie mit Holz überzogen ist, strömt die Elektrizität von den Auffangarmen des Conductors oder von den Reibstücken gern gegen eine nicht isolirte Axe ab, wovon man sich im Dunkeln leicht überzeugen kann; darum wird die Wirkung durch das Isoliren bedeutend erhöht.

Bei Cylinder-Maschinen wird die Axe durch den Cylinder durchgesteckt; sie erhält an beiden Enden Schrauben und, statt der Platten, Klappen von Holz oder Metall, welche die Hälfe des Cylinders umfassen. Gewöhnlich muß man diese Klappen etwas weiter lassen, und die Hälfe in dieselben einkitten, um das Rundlaufen des Cylinders zu erreichen, was übrigens doch nur selten vollständig erreicht werden kann.

260 Die Reibzeuge. Bei Scheibenmaschinen kann man entweder nur ein oder auch zwei Paare von Reibzeugen anbringen. Die Erfahrung scheint in dieser Beziehung festgestellt zu haben, daß zwei Paare von Reibzeugen zwar die Menge der frei werdenden Electricität vermehren, daß aber nur bei Scheiben von mehr als 24 bis 30 Zoll Durchmesser durch zwei Paare die Funkenlänge nicht vermindert werde.

Da aber der eigentliche Zweck der Elektrisirmaschine im Hervorbringen der möglichst hohen Spannung der Electricität beruht, so sollte an allen Maschinen unter den angegebenen Dimensionen immer nur ein Paar Reibzeuge angebracht werden. Beim Laden der Flaschen — vorausgesetzt, daß es sich auch hier nicht um das Laden bis auf hohe Spannung handelt — kommt man allerdings mit zwei Paaren schneller voran, allein dieser Nachtheil läßt sich dann durch längeres Drehen der Maschine ersetzen, die mangelnde Funkenlänge aber durch Nichts.

Die Fläche der Reibzeuge braucht im Sinne der Umdrehung nicht breit zu sein, 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll reichen hier vollkommen aus; dagegen sollen sie etwa $\frac{2}{3}$ des Halbmessers der Scheibe zur Länge haben. Sie werden am besten aus Brettchen von etwa halbzölligem Holze gefertigt, die man auf ihren Enden wohl abrundet und auf der Berührungsfäche möglichst eben hobelt. Die Brettchen werden mit festem sämischgaren Kalbleder überzogen, wobei die Fleischseite nach außen gefehrt wird für das Amalgam; das Leder wird nur an den Seiten angeleimt und sein Rand zugespitzt; als Polsterung reicht eine zweifache Lage von Flanell vollkommen aus. Der Rücken der Brettchen wird mit Stanniol überzogen und erhält zwei Knöpfe, mittelst welcher sie in den Schlitze einer breiten Messingsfeder geschoben werden können; letztere ist an die Kugel des Conductors befestigt und kann auf die in Fig. 514 gezeichnete Weise mittelst kugelförmigen Schraubenmuttern gespannt werden. Eine andere Befestigungsart zeigt Fig. 515, wo die Reibkissen von zwei stärkeren bei *a* durch ein Gelenk unter sich und mit einem vom Conductor der Reibzeuge kommenden Zapfen verbundenen Messingstäben getragen werden, welche breit geschlagen sind. Die Spannung wird hier

Fig. 514.

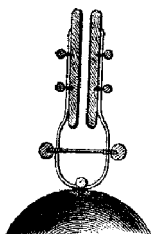
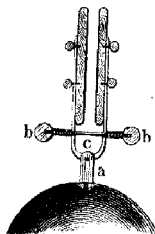


Fig. 515.



durch Spiralfedern bewirkt, welche zwischen die kugelförmigen Schraubennuttern *bb* und die Messingstäbe um den Draht *c* gelegt sind. Dieser Draht ist in der Mitte dicker, als für die Schraube erforderlich, und gegen diese hin viereckig gefeilt, damit er sich in der ebenfalls viereckigen Oeffnung der Stäbe nicht drehen kann. Letzteres gilt aber auch für die in Fig. 514 abgebildete Befestigung. Wie man übrigens auch die Reibzeuge befestigen mag, immer ist es gut, wenn je ein Paar derselben eine gemeinsame Spannung hat, damit sie etwaigen Ungleichheiten im Gange der Scheibe um so leichter nachgeben können. Ist aber die Scheibe sehr ungleich dick, so ist die in den Figuren 514 u. 515 angegebene Federung nicht ausreichend. Man bringt dann an die messingenen Träger erst ein viereckiges Brettchen an, in welches das Reibzeug locker eingelassen wird, und befestigt dieses auf der Rückseite mit zwei Stücken einer Stockuhrenfeder.

Die Reibzeuge werden an eine isolirte Kugel von Messing befestigt; sollte letzteres wegen der Größe der Kugel, und diese hängt von ästhetischen Verhältnissen ab, zu theuer werden, so kann man statt derselben eine hölzerne Kugel nehmen und die Reibzeuge an einen Stab von Messing befestigen, welcher durch die Mitte der hölzernen Kugel durchgeht und anderentheils in eine Kugel von 1 bis 2 Zoll Durchmesser endigt.

Die Art, wie die Reibzeuge an einer Maschine angebracht sind, läßt sich gewöhnlich ohne gänzlichen Umbau nicht ändern; dagegen kann man meistens schlechte Reibzeuge leicht mit besser construirten vertauschen.

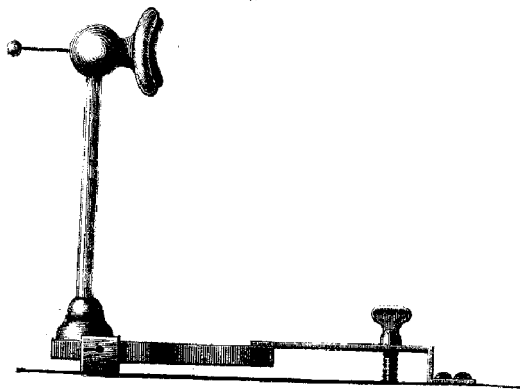
Der elektrische Theil des Reibers muß vom Reibzeuge an bis gegen die sogenannten Saugarme hin mit Wachstafel bedeckt sein. Man befestigt diesen gewöhnlich unmittelbar am Reibzeuge und unterstützt ihn durch passende Träger, die man auf den Säulen anbringt, welche die Axe tragen. Dieser Wachstafel ist jedoch noch nicht im Stande, zu verhindern, daß sich nicht ein Theil der positiven Elektrizität des Reibers mit der negativen des Reibzeugs, auch wenn dieses nicht isolirt ist, vereinige; es geschieht dieses an jener Stelle, wo der Reiber das Reibzeug verläßt. Die Quantität der so verloren gehenden Elektrizität ist um so größer, wenn noch amalgamirte Theile des Reibzeugs nicht mehr in Berührung mit dem Reiber sind. Man muß daher dafür sorgen, daß nur die zum Reiben bestimmte Fläche Amalgam erhalte. Dieser Verlust beträgt besonders viel bei Reibzeugen aus dünnen mit Leder überzogenen Metallplatten, und letztere sind daher, ungeachtet ihres eleganteren Aussehens, nicht zu empfehlen. Am wirksamsten tritt man aber diesem Verluste entgegen, wenn man an jene Seite des Reibzeugs, wo der Reiber beim Drehen ankommt, ein Stück dickes Seidenzeug anklebt und es über das Reibzeug weggehen läßt, bis einige Zoll unter den Wachstafel. Auf dieses Seidenzeug bringt man das Amalgam, von dem man über die geklebte Stelle weg auch einen Verbindungsstreifen bis zum Stanniol der Rückseite des Reibzeugs aufträgt. Einer weiteren Befestigung be-

dürfen die unter den Wachstafel hinauftragenden Lappen des Seidenzeuges nicht, sie werden von dem elektrischen Reiber schon angezogen. Es ist dieses eine beinahe überall leicht anzubringende Verbesserung einer Elektrisirmaschine, und gewährt überraschende Erhöhung der Wirkung. Wenn das Seidenzeug nach einiger Zeit durch fortgeführtes Amalgam verunreinigt ist, so reibt man es mit einem wollenen Lappen ab, oder ersetzt es durch ein frisches Stück. Trotz aller dieser Vorrichtungen wird man doch bei manchen Maschinen die Electricität des Reibzeugs stärker finden, als jene des Conductors, was von dem unterwegs stattfindenden Verluste herrührt. Statt des Wachstafels, der übrigens auch nicht immer gleich gut ist, kann mit gleichem Erfolge und viel billiger Guttapercha-Papier genommen werden; es hält aber nur etwa zwei Jahre und wird dann nach und nach so mürbe, daß es zerfällt; ein besseres Ersatzmittel ist Seidenzeug, welches mit Schellack gefirnißt wurde, während es in einem Rahmen straff aufgespannt war.

Das Verfahren beim Amalgamiren der Reibzeuge wurde schon oben angegeben; die Erneuerung des Amalgams muß gewöhnlich geschehen, wenn die Maschine längere Zeit nicht gebraucht wurde, und man doch ihre ganze Kraft in Anspruch nehmen will. Oft reicht es zur Wiederherstellung der Wirkung der Elektrisirmaschine aus, wenn man nur die Reibzeuge nach längerem Gebrauche wieder mit Fließpapier oder aneinander abreibt.

Cylindermaschinen erhalten immer nur ein Reibzeug, dessen Länge etwa $\frac{3}{4}$ von der Länge des Cylinders beträgt, dessen Breite aber auch nur etwa 2 Zoll betragen und jedenfalls nur bei kleinen Cylindern $\frac{1}{8}$ des Umfangs erreichen darf. Es wird aus einem nach dem Cylinder ausgehöhlten Brettchen gemacht, welches jedoch stets eine Polsterung aus Pferdehaaren erhält, um sich besser den Ungleichheiten des Cylinders anzuschmiegen. Auch hier muß eine Wachstuchdecke vom Reibzeug bis zum Conductor reichen, und auch hier ist das oben beschriebene

Fig. 516.



Seidenzeug, auf welches das Amalgam aufgetragen wird, von entschiedenem Vortheile.

Soll das Reibzeug hier isolirt sein, so müssen die Federn zwischen ein wohl abgerundetes Brettchen, welches von der Glas säule getragen wird, und das eigentliche Reibzeug gelegt werden; allein es ist hier nicht leicht eine veränderliche Spannung anzubringen.

Bei kleineren Maschinen kann man die Glas säule selbst auf ein bewegliches Fußbrett setzen und auf dieses eine Feder wirken lassen, um das Reibzeug gegen den Cylinder anzudrücken, wie Fig. 516 zeigt. Bei größeren Maschinen der Art isolirt man gewöhnlich das Reibzeug nicht, und dann ist es leicht, die erforderlichen Federn auf dem Gestell anzubringen.

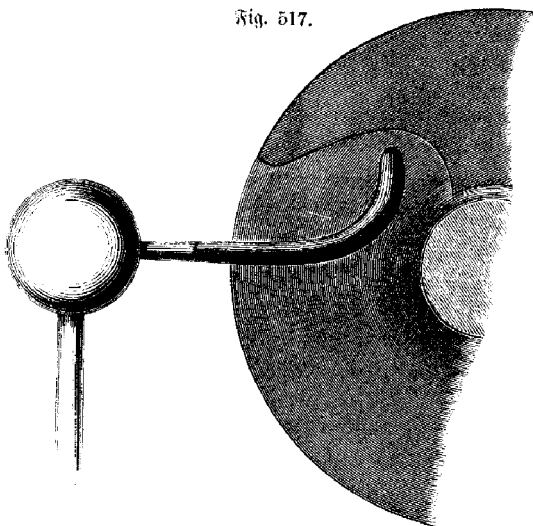
Der Conductor. Der Conductor besteht gewöhnlich aus solchen Maschinen, wo er keine symmetrische Stellung mit dem Reibzeuge hat, aus einem kurzen cylindrischen in Halbkugeln endenden Körper von Metall, der 2 bis 5 Zoll dick und etwa 10 bis 12 Zoll lang ist, oder auch aus einer Kugel von 2 bis 5 Zoll Durchmesser; letzteres ist dann immer der Fall, wenn er, wie bei den Scheibenmaschinen, dem Träger der Reibzeuge gegenüber steht, und folglich auch mit diesem von gleicher Größe gemacht wird. Gewöhnlich besonnt er auf der vom Reiber abgewendeten Seite noch einen 2 bis 3 Zoll langen starken Messingdraht, der eine etwa einen Zoll dicke Kugel trägt. Ist der Träger der Reibzeuge eine hölzerne Kugel, so kann auch der Conductor von Holz sein und der Träger der Saugarme geht dann nur mitten durch diese hölzerne Kugel und endigt in eine kleinere metallene, wie beim Reibzeuge.

Wenn der Conductor nur eine Kugel von Metall oder gar von Holz ist, so ist es sehr zweckmäßig, noch einen walzenförmigen Conductor auf absondertem Fuße zu haben, den man dann beliebig an das Reibzeug oder an den eigentlichen Conductor anstellen kann. Man läßt einen solchen Conductor beiderseits in einem 2 bis 3 Zoll langen Messingdraht auslaufen, der eine einzöllige Kugel trägt. Die Wirkungen des einfachen Funken sind bei einem solchen Conductor auffallend stärker.

Auf der Seite gegen den Reiber trägt der Conductor bei Scheibenmaschinen einen gabelförmigen, bei Cylindermaschinen einen \hookrightarrow förmigen Arm, welcher gegen den Reiber hin mit scharfen Spitzen versehen wird. Die Anwendung solcher Spitzen dürfte den nur abgerundeten Metallstücken wohl unbedingt vorzuziehen sein, und ebenso auch bei Scheibenmaschinen die Anwendung einer Gabel der nur einseitigen Anwendung eines Saugarmes. Die Stangen, welche diese Spitzen tragen, sollten wenigstens gegen die Enden hin mit einer dicken Lage von Schellack oder Siegellack überzogen, nicht aber nur damit gefirnisset sein, um das Abströmen gegen die Ase möglichst zu verhüten. Anstatt die Saugspitzen

in eine gerade metallene Gabel einzufügen, ist es noch vortheilhafter, eine gekrümmte hölzerne anzuwenden, wie Fig. 517, und zu den Saugspitzen Sted-

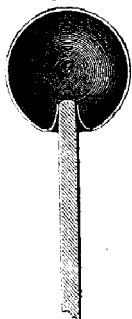
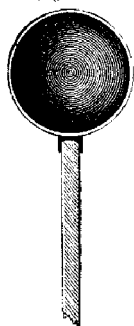
Fig. 517.



nadelspitzen zu nehmen, die in einen mit Stanniol versehenen Falz gesteckt werden, der wieder mit Siegelack ausgeebnet wird. Wo dieser hölzerne Arm an den metallenen anstößt, wird der Stanniolstreifen mit diesem in sichere Verbindung gebracht und der hölzerne Arm ganz mit Siegelacklösung angestrichen. Ein größerer Conductor giebt kräftigere Funken; man hat darum empfohlen, hierzu an seidenen Schnüren aufgehängte Spiegelfugeln (wie man sie in Gärten hat u. dergl.) zu verwenden, da hier der Verlust geringer sei als bei der Ummegung mit Luft.

262 Die Isolirung. Um den Conductor, die Reibzeuge und die Zapfenlager zu isoliren, wendet man am besten Säulen aus grünem Glase an. Diese Säulen werden aber sehr theuer, da sie für eine Scheibe von 15 bis 20 Zoll Durchmesser schon beinahe ebensoviele zur Länge haben sollten und sowohl der Solidität als noch mehr des Ebenmaßes wegen nicht zu dünn genommen werden können. Man wird daher oft genöthigt sein, statt der massiven Säulen starke Glasröhren anzuwenden; letztere bekommt man auch aus jeder Glashütte leichter gerade und annähernd gleich dick, als massive Säulen. Röhren thun vollkommen die gleichen Dienste wie Säulen, wenn man sie vor dem Einkitten innerhalb mit Schellack firnigt und bei trockener Witterung im Winter einsetzt oder ein Stückchen Chlorcalcium hineinlegt.

Häufig haben die Conductoren für die Fassung der Säulen einen röhrenförmigen Aufsatz, wie in Fig. 518, was sehr fehlerhaft ist und ein bedeutendes Fig. 518. Fig. 519.



Abströmen längs der Glas Säulen veranlaßt, wovon man sich im Dunkeln sehr leicht überzeugen kann. Die Form der zu isolirenden Körper sollte an dieser Stelle vielmehr von unten eingedrückt sein, wie Fig. 519 im Durchschnitt zeigt und schon von Marum vorgeschrieben hat. Man kann diese unrichtige Construction dadurch theilweise verbessern, daß man um den unteren Rand des röhrenförmigen Aufsatzes einen 6 bis 8 Linien dicken, zwischen Brettern im war-

men Zustande glatt gerollten Wulst aus Schellack oder Siegellack herumlegt.

Alle Fehler in der Isolirung äußern ihren Einfluß vorzugsweise nur auf die Funkenlänge, und sind daher beim Laden der Flaschen, wenn diese nicht gerade für hohe Spannung bestimmt sind, weniger fühlbar. Es giebt viele Maschinen, mit welchen man eine Batterie sehr rasch laden kann, und die doch nur sehr geringe Funkenlänge haben. Ob die Isolirung einer Maschine gut sei, erkennt man schon im Dunkeln an den Strahlenbüscheln, welche vom Conductor und seinen Theilen ausfahren, namentlich gegen die Aere und längs den Glas Säulen herunter, was beides gar nicht stattfinden sollte; mehr noch aber er giebt sich dieses aus der Funkenlänge, im Vergleiche mit der Größe des Reibers.

Winter's Elektrisirmaschinen. Ganz besondere Aufmerksamkeit 263

erregten die Elektrisirmaschinen des k. k. Catastrallithographen Winter in Wien, da dieselben eine für ihre Dimensionen ungemein große Schlagweite besitzen. Ich habe eine solche Maschine von Winter, deren Scheibe 47 Centimeter (18 Wiener Zoll) mißt und welche unter guter Behandlung wirklich Funken von 9 bis 10 Wiener Zoll giebt, für das Freiburger Lyceum angeschafft und will hier dieselbe um so eher ausführlich beschreiben, als Vieles derselben sich ohne bedeutende Kosten an anderen Maschinen anbringen läßt. Fig. 520 (a. f. S.) zeigt eine perspectivische Ansicht derselben in etwa $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{10}$ der natürlichen Größe. Die an 8 Millimeter dicke Glas Scheibe ist zwischen hölzerne Fassungen geschraubt, wovon die eine durch eine 24 Centimeter lange Aere *a* aus grünem Glase mit der Kurbel zusammenhängt, die andere aber sich mit einem Zapfen endigt, der in einem hölzernen Knopfe *s* sich dreht, welcher seinerseits durch eine 40 Centimeter hohe Glas Säule *s* gestützt ist. Es sind nur hölzerne Zapfen in hölzernen Lagern vorhanden. Die Reibzeuge bestehen aus Holz mit Leder

überzogen und mit wenig Baumwolle gepolstert und sind gegen den Rand der Scheibe breiter.

Fig. 520.

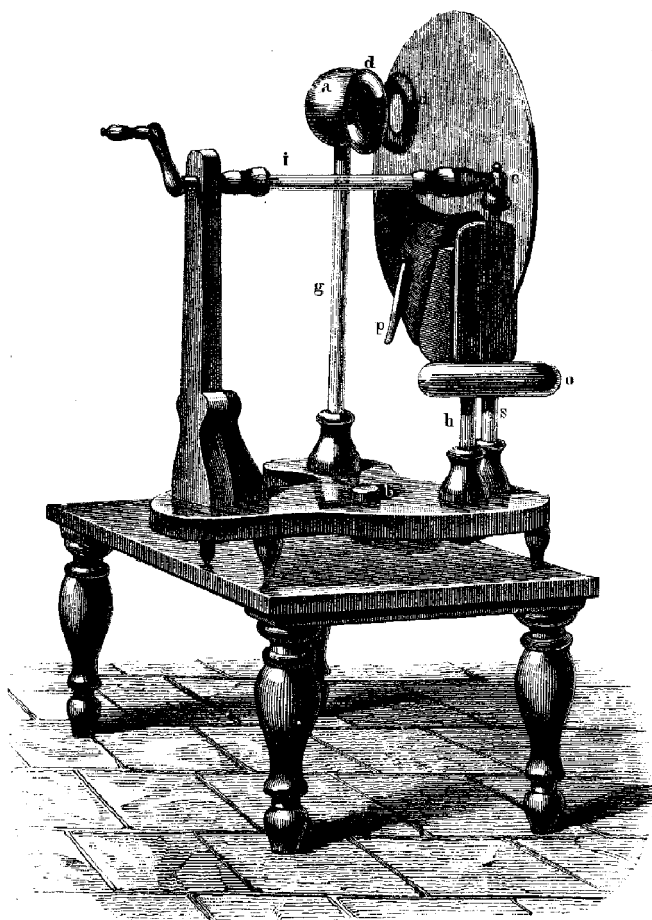


Fig. 521 zeigt ein solches von der Rückseite, auf der es zwei Federn hat, und eine breite hölzerne Leiste *p*, welche nebst dem rechtwinklig angelegten Brettchen *q q* dessen Stellung in dem Falz des Halters, Fig. 522, sichert. Der Falz in dem Halter ist mit Blech belegt, und von jedem dieser Bleche führt ein Draht gegen die Oeffnung *r*, wo er um den hier eingesteckten Stiel des Reibzeugconductors *o*, Fig. 520, gewickelt ist. Der Reibzeughalter ist durch eine

niedrige Glasfäule *h* gestützt. An das Reibzeug ist ein Flügel aus Wachstaffet gefeint, der bis zu dem Saugapparat des Conductors reicht und durchweg doppelt, anfangs drei- und vierfach ist. (Wachstaffet läßt sich durch Schellacklösung aufeinander befestigen.) Da aber solche Flügel dennoch von der Scheibe sich entfernen und sich verbiegen, wenn die Maschine längere Zeit ruhig steht, so

Fig. 521.

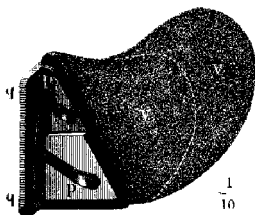
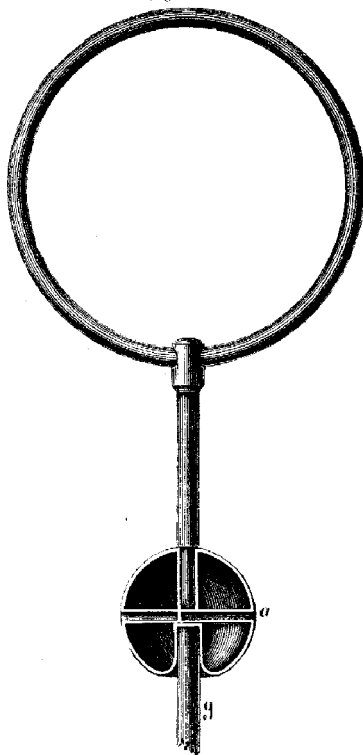


Fig. 522.



Fig. 523.



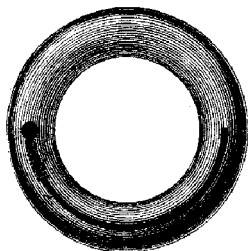
sind aus Rohr gemachte federnde Hängchen beigegeben, um durch sie diese Flügel stets mit der Scheibe in Berührung zu erhalten, *p* Fig. 520.

Den Conductor trägt eine 47 Centimeter hohe Glasfäule *g*, er besteht aus einer Kugel von Messingblech *a* und hat 10 Centimeter Durchmesser. Die Kugel ist unterhalb eingezogen, wie Fig. 523 zeigt, hat oberhalb eine cylindrische Vertiefung eingelöthet, um den Stiel des hölzernen Ringes einzustecken, und den Saugarm gegenüber eine nur etwa 5 Millimeter im Durchmesser haltende Halbkugel, welche sich an einem zolllangen Blechröhrchen mehr oder weniger

herausziehen läßt. Der Saugapparat besteht aus zwei hölzernen polirten 2,5 Centimeter dicken Ringen *d*, deren äußerer Durchmesser 13 Centimeter beträgt. Sie sind an ein T förmiges Stück von Messing gesteckt, welches mit seinem Stiele *z*, Fig. 524, in die Kugel des Conductors geschoben werden kann. Jeder

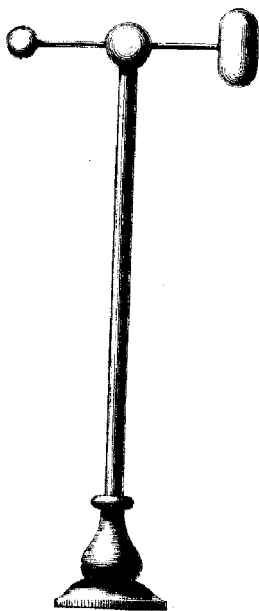
Fig. 525.

Fig. 524.



Ring ist innerhalb auf der Seite, wo das geriebene Glas ankommt, mit einer Rinne versehen, wie dieses der Ring in Fig. 525 zeigt; diese Rinne ist mit Stanniol ausgelegt, welcher bis zum Querstück des T förmigen Trägers reicht, und außerdem mit einer dichten Reihe feiner Stecknadelspitzen besetzt, welche nur gerade bis an die Oberfläche des Ringes reichen. Der Ständer des Conductors

Fig. 526.



Auf die Kugel des Conductors kann nun noch ein hölzerner 3,5 Centimeter dicker, polirter Ring von 68 Centimeter Durchmesser mittels eines 50 Centimeter langen Stieles, der unten einen Blechstiefel hat, aufgesteckt werden, Fig. 523. Der Ring ist aus mehreren Stücken verleimt und trägt in seinem Inneren verborgen einen Draht, der bis an den blechernen Stiefel reicht. Man muß bei dem Gebrauch darauf sehen, daß dieser Ring wenigstens noch 2 bis 3 Fuß von der Zimmerdecke absticht.

Ein besonderer Funkenzieher, Fig. 526, ist noch beigegeben. Er besteht aus zwei messingenen Kugeln, die unter sich durch Metall verbunden sind und auf einem hölzernen Stativ stehen. Die große Kugel wird dem Conductorknopfen gegenüber gestellt und mit den Reibzeugen leitend verbunden; sie ist eigentlich nur ein stark abgeplattetes

Sphäroid und stellt auf ihrer dem Conductor zugekehrten Seite ein Kugelsegment von sehr großem Halbmesser dar.

Die ganze Maschine ist durch eine hölzerne Schraube *b*, Fig. 520, auf einem niedrigen Tische befestigt.

Wenn nun auch das Zweckmäßige der Construction vollkommene Anerkennung verdient, so muß doch auch noch ein Grund der vorzüglichen Wirkung in der Beschaffenheit des Glases liegen. Da ohnehin jede Spur von überflüssiger Verzierung u. dgl. vermieden ist, so können solche Maschinen verhältnißmäßig billiger geliefert werden als andere, und es verdient darum wohl das Preisverzeichniß Winter's auch hier eine Erwähnung. Jede Maschine ist mit Funkenzieher versehen.

Scheibendurchmesser 40 Zoll, Funkenlänge 22 bis 24 Zoll, Preis 300 Gld. C. M.

"	36	"	"	20	"	22	"	"	200	"
"	30	"	"	16	"	18	"	"	160	"
"	24	"	"	12	"	14	"	"	80	"
"	18	"	"	9	"	10	"	"	60	"
"	15	"	"	7	"	9	"	"	50	"
"	12	"	"	5	"	7	"	"	40	"
"	10	"	"	4	"	5	"	"	30	"
"	8	"	"	3	"	4	"	"	20	"
"	6	"	"	2	"	3	"	"	12	"

Mit weniger eleganter Arbeit aber gleicher Wirkung um $\frac{1}{6}$ billiger. Der Tisch wird nicht dazu gegeben *).

Behandlung der Elektrisirmaschine. Wenn eine Elektrisir- 264
maschine volle Kraft äußern soll, so muß man vorher dieselbe gehörig von Staub und dem etwa am Reiber anhängenden Amalgame reinigen, sowie die isolirenden Glasfüßen durch wollene, wo möglich erwärmte Tücher abreiben. Daß aus anderen Rücksichten von Zeit zu Zeit auch die Zapfenlager gereinigt und mit frischem Oele versehen werden müssen, versteht sich von selbst. Das Erwärmen der ganzen Maschine leistet vorzügliche Dienste, und man stellt sie daher gern im Winter in die Nähe des Ofens. Die vorzüglichste Wirkung soll man erhalten, wenn das Gebäude Lüftung hat, und die Maschine vor die Einstromungsöffnung der warmen Luft gestellt wird. Es ist dieses um so begreiflicher, als man die Trockenheit dieser Luft sogar als eine Krankheitsursache für die

*) Es wäre überhaupt wünschenswerth, wenn in Preisverzeichnissen nicht nur die Scheibendurchmesser, sondern die garantirte Funkenlänge angegeben wäre, wie hier. Ähnliches gilt von vielen anderen Apparaten.

Bewohner solcher Häuser ansieht, in denen die Lustheizung durch Defen bewirkt wird, die bis zum Glühen erhitzt werden. Man kann übrigens eine ähnliche Erwärmung auch im Sommer erreichen, wenn man über eine Kohlenpfanne *a*, Fig. 527, einen Mantel von Blech, Fig. 528, machen läßt, der oben in ein

Fig. 527.

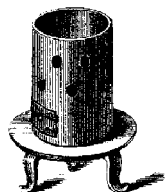


Fig. 528.



passend gekrümmtes Rohr ausläßt und unten mit zahlreichen Löchern versehen ist. Man füllt das Kohlenbeden mit wohl ausgefeuerter Kohlen, setzt den Mantel darüber und richtet das Rohr so, daß die zwischen dem Becken und dem Mantel erwärmte Luft gegen die Elektrirmaschine ausströmt. Ein paar radiale Striche mit Schweinsfett auf beiden Seiten einer Scheibenmaschine erhöhen oft die Wirksamkeit in merkwürdiger Weise.

Von Zeit zu Zeit müssen auch die Wachstafel-Flügel abgenommen und von anhängendem Amalgam gereinigt werden; auch ist es gut, dieselben, bevor man mit dem Drehen anfängt, etwas zu lüften, da sie oft sehr fest am Glase anhängen und dann leicht zerrissen werden.

Daß Reibzeug und Conductor nicht zugleich isolirt sein dürfen, wenn man die gehörige Wirkung erhalten will, bedarf wohl kaum der Erwähnung. Die Ableitung auf der einen Seite muß aber gehörig gemacht werden, und es genügt bei nur einigermaßen kräftigen Maschinen nicht, eine Kette auf den trockenen hölzernen Boden reichen zu lassen; entweder muß die Kette auf dem Boden ausgebreitet werden, oder man bringt sie mit anderen größeren metallenen Gegenständen in Verbindung, am besten mit der Gasleitung des Hauses.

Was die Schnelligkeit der Umdrehung betrifft, so hängt diese allerdings von der Größe des Reibers ab, indem es sich eigentlich nicht um die Zahl der Umdrehungen, sondern um die Schnelligkeit, mit welcher der Reiber am Reibzeug vorbeigeht, handelt. Es scheint nicht, als seien hier die Gränzen sehr enge gesteckt, und die Geschwindigkeit kann ziemlich groß werden, doch dürfte sie mit Vortheil nicht etwa über 10 Fuß gebracht werden und im Mittel 5 Fuß nicht überschreiten. Wenn zu langsam gedreht wird, so geht die Electricität des Reibers unterweges wieder verloren.

Bei Versuchen, wo man die ganze Kraft der Maschine in Anspruch neh-

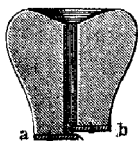
men muß, ist es zweckmäßig, sich vor dem Gebrauche auf die weiter unten bei der L'anne'schen Flasche beschriebene Art darüber zu versichern, in welchem Zustande die Maschine sich befinde, zu welchem Zwecke man jener Flasche einen Zettel beilegt, auf welchem bemerkt ist, bei wie viel Umdrehungen im günstigen Falle die Selbstentladung erfolgt, wenn die Kugeln einen gewissen Abstand haben.

Wenn man nicht über ein eigenes Lehrzimmer verfügen kann, so bleibt für diejenigen Versuche, wo man die ganze Kraft der Maschine in Anspruch nehmen will, nichts anderes übrig, als das Lehrzimmer vor dem physikalischen Unterrichte auf 1 oder 2 Stunden frei zu machen, es gehörig auszulüften und gehörig zu heizen; denn in Zimmern, die schon mehrere Stunden lang mit Menschen gefüllt waren, gelingen Versuche mit hoher Spannung, die gute Isolirung erfordern, immer nur schlecht.

Aufbewahrung der Elektrisirmaschine. Die Elektrisir- 265
maschine hat gewöhnlich eine solche Höhe, daß sie unbequem zu handhaben ist, wenn man sie auf einen gewöhnlichen Tisch stellt, und ist doch wieder nicht hoch genug, um auf den Fußboden gestellt zu werden. Man läßt darum am besten ein eigenes Gestell in Form eines niederen Tisches dazu machen, von solcher Höhe, daß die Kurbel bequem gedreht werden kann; die Maschine wird auf demselben durch ein paar hölzerne Schraubzwingen befestigt, bleibt darauf und wird mit einem hinreichend großen Stück Baumwollzeug bedeckt, da ein anderes Futteral unförmlich und unbequem sein würde.

Die Dampflektrisirmaschine. Um die Wirkung eines solchen 266
Apparates im Kleinen zu zeigen, dient jeder kleine Dampfkessel. Die ganz einfache Einrichtung eines solchen, nebst der äußerlich angebrachten Heizung, wird im Abschnitte von der Wärme näher angegeben werden. Man läßt den Dampf durch ein etwa 3 Fuß langes Bleirohr, in welches man einen Holzpfropf mit einfach durchgebohrter Oeffnung von $\frac{1}{2}$ Linie Weite befestigt hat, gegen ein nicht isolirtes Gitter aus dünnem Messingdraht in etwa 1 Fuß Entfernung ausströmen. Das Bleirohr wird mit nasser Leinwand dick umwickelt. Selbst bei den später zu beschreibenden ganz kleinen Dimensionen und einem Ueberdruck

Fig. 529.

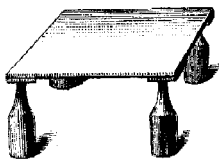


von nur 3 bis 4 Atmosphären giebt ein solcher Kessel reichlich kleine Funken. Die Wirkung wird noch erhöht, wenn man auf die innere Seite des Pfropfes zwei Messingplatten *ab*, Fig. 529, so aufschraubt, daß der Dampf den Weg in der Richtung des Pfeiles zwischen denselben hindurch nehmen muß. Ist der Dampfkessel nicht isolirt, so kann man den Dampf gegen ein isolirtes Gitter aus-

strömen lassen, welches sodann die entgegengesetzte Electricität von jener giebt, welche der Kessel zeigen würde.

- 267 **Der Isolirschemel.** Man verfertigt denselben aus einem $1\frac{1}{2}$ bis 2 Quadratfuß großen und 1 Zoll dicken Brette, dessen Ecken und Ranten wohl abgerundet werden, und das auf seinen vier Ecken noch eine Verdoppelung erhält. Die gläsernen Stützen müssen etwa 1 Fuß hoch und dürfen nicht wohl

Fig. 530.



unter 1 Zoll dick sein. Solche Füße kommen schon etwas theurer und können ganz einfach durch vier Champagnerflaschen, zu 6 Kr. das Stück, ersetzt werden, die man, wie Fig. 530 zeigt, in die Verdoppelung einläßt und dort mit geringem Siegelack — Pachtiegelack — fest fittet. Außer diesem größeren Isolirschemel bedarf man zu vielen Versuchen noch eines kleineren mit

nur 4 bis 5 Zoll hohen Füßen und 24 bis 30 Quadratzoll Fläche. Beide werden gut gestrichelt.

- 268 **Versuche mit der Elektrisirmaschine.** Anziehung und Abstoßung. 1) Die elektrische Spinne. An einem langen Seidenfaden hängt man eine Korkkugel, allenfalls auch mit ein paar spinnenfußartigen Ansätzen, dem Conductor gegenüber auf; auf die entgegengesetzte Seite hält man die flache Hand oder eine Metallplatte. Die Kugel wird anfangs vom Conductor angezogen, dann gegen die Hand abgestoßen, wieder angezogen u. s. w.

2) Das elektrische Glockenspiel. Am einfachsten erhält man ein solches aus zwei Uhrglocken, in deren Aufstecklöcher man Holzpfriepfe paßt; durch diese Pfriepfe steckt man einen Draht, der unten und oben knapp am Holze zum Ringe umgebogen wird, Fig. 531. Zwei solche Glocken werden an einem,

Fig. 531.



wie in Fig. 532, gebogenen starken Drahte *abc* aufgehängt, die eine an Seide, die andere an einem dünnen Drahte; zwischen beiden hängt an Seide ein metallener kleiner Klöppel, wie er sich aus jedem dickköpfigen Nagel machen läßt; die an Seide aufgehängte

Glocke bekommt eine Ableitung auf den Boden, und das Ganze wird durch den Haken bei *b* geradezu an den Conductor gehängt. Hat man mehr Mittel oder Zeit, so kann man das Glockenspiel auf einem besonderen durch Glas isolirten Gestelle anbringen, wie in Fig. 533, und auch die Glöckchen abdrehen und firnissen. Daß man die Glöckchen, wenn man kann, zusammenstimmend wählt, versteht sich wohl von selbst.

3) Das elektrische Flugrad. Hierzu nimmt man das isolirte Stativchen, Fig. 496, welches für die elektrische Nadel bestimmt ist. Das Flugrad

Fig. 532.

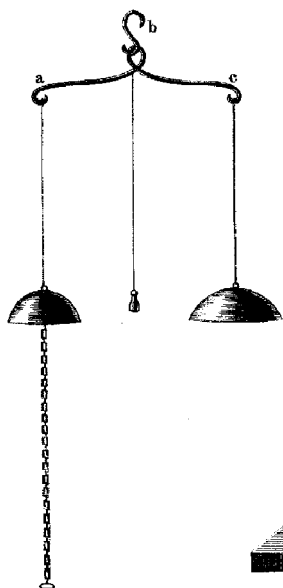
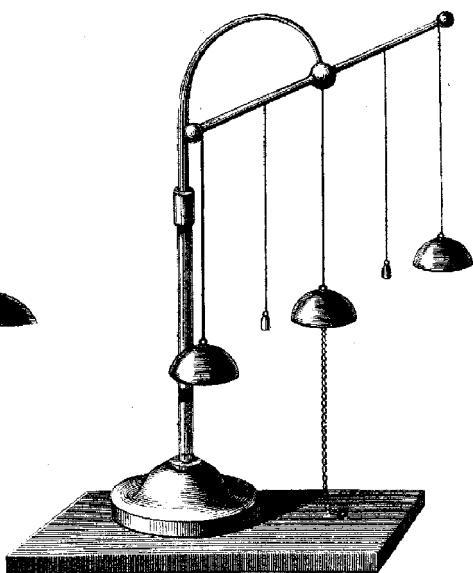


Fig. 533.

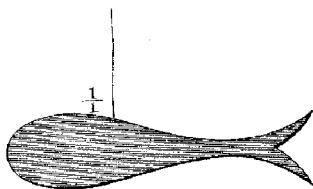


selbst besteht aus einem beiderseits fein ausgepitzten und S förmig gebogenen Messingdrahte, Fig. 534, in welchen man in der Mitte eine konische Vertiefung

Fig. 534.



Fig. 535.



gebohrt hat, womit er auf die Nadel des Stativs gesetzt wird; diese Nadel wird sodann durch eine Kette mit dem Conductor der Elektrisirungsmaschine verbunden.

4) Der goldene Fisch. Ein Blättchen von Haufsgold wird, wie Fig. 535,

zugeschnitten und mittelst Klebwachs an einem seidenen Faden aufgehängt. Ist es mit der Kopfseite dem Conductor zugekehrt, so wird es von demselben angezogen, ist aber die Schwanzseite gegen denselben gerichtet, so findet Abstoßung statt.

5) Die Ausbreitung eines Wasserstrahles durch die elektrische Abstoßung zeigt man am einfachsten durch einen blechernen Trichter, den man am Conductor anhängt und in dessen Spitze man durch einen Kork ein Haarröhrchen einsteckt von etwa $\frac{1}{10}$ Linie Oeffnung. Sobald die Maschine gedreht wird, fließt das Wasser rasch durch, wenn es auch vorher kaum tropfenweise kam. Da Feuchtigkeit der Maschine leicht schadet, so kann man auch den Heronsbrunnen isoliren und durch einen Draht mit der Maschine verbinden, um denselben Versuch zu machen.

6) Der Korkfugeltanz. Kork- oder für schwächere Maschinen Hollundermarkfugeln werden auf eine Metallplatte gelegt, der am Conductor eine zweite runde gegenüber hängt. Es ist gut, wenn letztere etwas dick ist; man kann sie sich auch aus einer rund gedrehten, am Rande wohl geglätteten hölzernen Scheibe machen, die man mittelst Kleister recht glatt mit Stanniol überzieht, Fig. 536. Ebenso kann man aus Papier oder Hollundermark geschnittene, oben und unten spitz endigende Figuren dazwischen legen; doch dürfen in letzterem Falle die Platten nicht viel über die Figurenlänge von einander absteigen. Solche Figuren von ansehnlicher Größe sieht man manchmal bei reisenden Künstlern; ihr Leib ist dann aus ausgehöhltem Hollundermark zusammengefügt. Daß man sie mit Wasserfarben nach Belieben bemalen könne, darf wohl nicht erst angeführt werden.

Fig. 536.

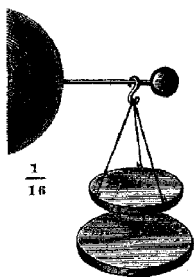
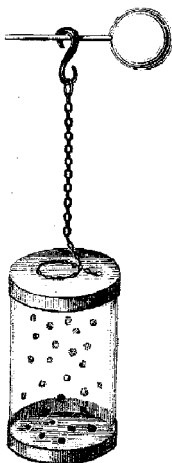


Fig. 537.



Legt man Hollundermarkfugeln zwischen die beiden Platten, so fliegen dieselben schnell auseinander; es ist daher besser, sie in einen gut isolirenden, oben und unten offenen weiten Glaszylinder einzuschließen, dem man oben und unten einen Deckel von mit Stanniol überzogener Pappe giebt, auf welchen man die Kette vom Conductor herabhängen läßt, Fig. 537. Nimmt man Strensand in das Gefäß oder zwischen die Platten, so nennt man den Versuch den elektrischen Sandwirbel.

7) Die Abstoßung gleichnamiger Elektricität kann man auch so zeigen, daß man auf dem Conductor — oder einem isolirten Gestelle — einen Draht von etwa 7 bis 10 Zoll Höhe aufstellt, und auf diesen oben eine mit Stanniol bekleidete Pappscheibe von 1 bis 2 Zoll Durchmesser steckt, an welche man abwechselnd weiße und farbige, 2 bis 3 Linien breite Streifen von Seidenpapier

klebt, welche etwas kürzer sind, als der Draht, Fig. 538. Kann man den Draht nicht auf den Conductor stecken, so giebt jede grüne Flasche ein isolirendes

Fig. 538. Gestell, auf deren Kork der Draht gesteckt und durch einen Draht mit dem Conductor verbunden wird. Die Streifen stellen sich wie ein Schirm aneinander, wenn die Maschine gedreht wird.



8) Der elektrische Funke entzündet Weingeist, Schwefeläther, Knallgas. Der Weingeist muß bei schwächeren Maschinen — Maschinen von nur 2 Zoll Schlagweite und darunter — vorher erwärmt werden, oder man zündet denselben sonst an, läßt ihn ein wenig brennen und bläst ihn wieder aus. Er wird, wie der Schwefeläther, in einer flachen Schale oder einem Eßlöffel gegen einen abwärts gerichteten Knopf des Conductors oder gegen einen daran gehängten, etwas dicken, zu zwei Ringen umgebogenen Messingdraht gehalten, Fig. 539; Schwefeläther braucht auch bei schwächeren Maschinen nicht vorher erwärmt zu werden. Meistens muß man mehrere Funken aufschlagen lassen, wohl nur deswegen, weil manche derselben nach dem Rande des Löffels gehen. Besser ist es übrigens, hierzu eine runde flache Metallschale von etwa 2 Zoll Durchmesser mit Stiel zu verwenden, deren Rand um einen Draht umgebördelt ist, da die scharfen Ränder des Löffels schädlich sind. Man kann den Versuch auch mittelst eines Glastrichters, wie Fig. 540 zeigt, aufstellen, indem man denselben mittelst eines Korks verstopft, durch welchen man einen Draht

steckt, der entweder beiderseits zum Haken umgebogen ist, oder innerhalb eine Kugel trägt. Man verbraucht aber dabei etwas mehr Aether und er spritzt wegen der größeren Tiefe gern an den oberen Draht.

Fig. 539.

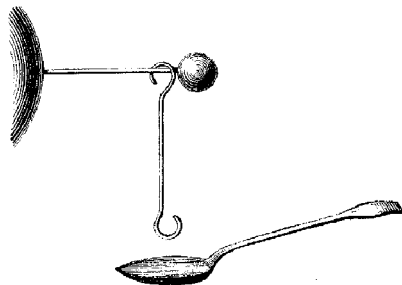
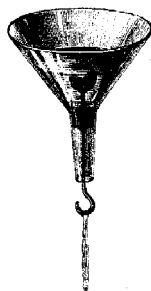


Fig. 540.



Um Knallgas zu entzünden, bedient man sich eines metallenen Gefäßes, wie Fig. 541, oder wie Fig. 542, oder auch von der Form einer Kanone, wie Fig. 543; letztere Form ist gegen das Zerspringen am meisten gesichert, allein auch bei Fig. 542 reicht starkes Weißblech aus, wenn man das Gasvolumen

Fig. 541.

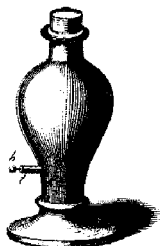


Fig. 542.

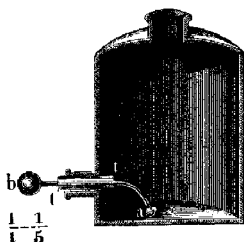


Fig. 543; letztere Form ist gegen das Zerspringen am meisten gesichert, allein auch bei Fig. 542 reicht starkes Weißblech aus, wenn man das Gasvolumen

Fig. 543.



nicht über 20 bis 30 Kubitzoll vergrößert. An das Gefäß wird außerhalb ein kurzes, etwa 2 bis 3 Linien weites Röhrchen gelöthet und in dieses das Glasröhrchen *tt* gekittet; der Draht, welcher durch das Glasröhrchen geht, wird beiderseits zu einem Ringe umgebogen und erhält innerhalb einen Abstand von ungefähr 1 Millimeter vom Boden des Gefäßes.

Man überzeugt sich durch Hineinsehen davon, ob wirklich Funken zwischen dem Drahte und dem Gefäße überschlagen, wenn man den äußeren Ring *b* mit dem Conductor der Elektrirmaschine in Berührung bringt, und erst dann kittet man alles durch Siegellacklösung fest.

Das Laden geschieht entweder so, daß man geradezu aus einer Platinschwamm-Zündmaschine eine Portion Wasserstoffgas zu der atmosphärischen Luft der elektrischen Pistole strömen läßt und dann den Pfropf mäßig fest aufsetzt, oder man füllt reines Knallgas in gewöhnliche grüne Flaschen, und Erbsen, Pansen, Schrot oder trockenen Sand in die elektrische Pistole zur Verdrängung der atmosphärischen Luft; man setzt dann die Oeffnung der Pistole auf die schnell geöffnete Flasche und schüttelt den Sand in letztere, während man mit der Hand die Hälse beider Gefäße umschließt, um das Entweichen des Gases möglichst zu hindern. So erhält man einen viel stärkeren Knall. Auch der kleinste elektrische Funke zündet Knallgas an. Nimmt man das Wasserstoffgas aus einer Zündmaschine, so entfernt man vorher den Platinschwamm; man

darf dabei aber das Verhältniß des Gasbehälters der Blindmaschine zum Volumen der elektrischen Pistole nicht übersehen und muß denselben nöthigenfalls öfters in letztere entleeren, die natürlich in der Zwischenzeit verschlossen werden muß; gar zu verdünntes Knallgas wird nämlich nicht mehr entzündet; auch ist es rathsam, in diesem Falle nach dem Füllen etwas zu warten, damit die Gase sich gehörig mengen. Man hält übrigens die Pistole in der Hand gegen den Conductor der Elektrirmaschine, doch muß sie jedenfalls einmal unter der gehörigen Vorsicht der Probe mit reinem Knallgas unterworfen werden. Letzteres geschieht, indem man hinter einer Thüre die Pistole mittelst Ketten, welche an die Pistole selbst und den Ring *b* gehängt werden, durch eine Leydner Flasche entladet.

9) Am meisten überraschen die Versuche mit der Elektrirmaschine, wenn man den Körper eines auf dem Isolirschmel stehenden Menschen mit dem Conductor verbindet, was am besten dadurch geschieht, daß man ihn einen 1 bis 2 Fuß langen und 2 bis 3 Linien dicken Messingdraht, der beiderseits zum Hafen umgekrümmt ist, auf den Conductor legen läßt. Die Funken sind für den Isolirten, wie für denjenigen, welcher die Funken mit dem Finger auszieht, besonders dann empfindlich stechend, wenn sie durch die Kleidungsstücke hindurch ausgezogen werden. Hält eine zweite Person einen Vössel mit Schwefeläther dar, so kann die isolirte Person denselben entzünden, wenn sie sich mit dem Finger dem Aether nähert. Hält eine zweite Person eine

Fig. 544.



breite nicht isolirte Metallplatte, oder auch nur die flache Hand, über den Kopf der isolirten, so sträuben sich die Haare empor, was übrigens bei starker Electricität und trockenen Haaren auch ohne dieses Hilfsmittel stattfindet.

10) Glas zu durchbohren. Man nimmt ein gewöhnliches Medicinglas von 3 bis 4 Linzen, versieht es mit einem Pfropf, durch den man einen zugespitzten etwa 2 bis 3 Millimeter dicken Draht steckt; letzterer wird sodann gebogen, wie Fig. 544 zeigt, das Gläschen mit Oel gefüllt und der Pfropf mit dem Drahte so eingesetzt, daß die Spitze des Drahtes mit einiger Federkraft gegen das Glas drückt; am äußeren Ringe hängt man das Glas an den Conductor der Elektrirmaschine. Nähert man nun dem Gläschen der Spitze gegenüber rasch eine metallene Kugel (den Knopf eines Ausladers), so springt ein Funke über und das Glas wird durchbohrt, wenn die Maschine auch nur bis einen Zoll Schlagweite hat. — Die weiteren Funken gehen dann sogleich in der gewöhnlichen Schlagweite durch die Oeffnung. Man

kann dasselbe Glas viele Male brauchen, denn die Oeffnungen sind ungemein fein, so daß man sie nur mit der Loupe gut sehen kann und nach tagelangem Stehen sich nur ein Oeltröpfchen darauf zeigt; unter der Loupe zeigen sich aber die Oeffnungen von gleicher Beschaffenheit, wie jene, die man durch die Leybner Flasche macht, wovon später die Rede sein wird. Zu bedauern ist, daß dieser mit so kleinen Mitteln anzustellende Versuch eben der Kleinheit der Oeffnungen wegen beim Unterrichte nicht gut brauchbar ist. Man muß übrigens die Federkraft des Drahtes nicht stärker in Anspruch nehmen, als eben nöthig ist, um dessen Spitze sicher an das Glas anzulegen, anderenfalls ist man der Gefahr ausgesetzt, daß beim Durchschlagen des Funkens der Draht das laubdünne Glas vollends durchbricht und das Oel ausläuft.

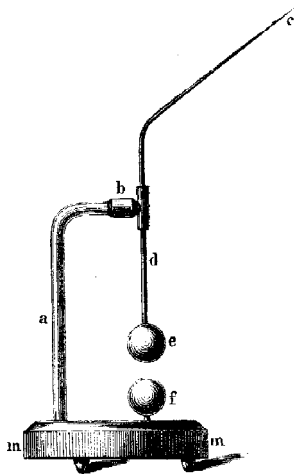
11) Der Rückschlag. Man hängt in der Nähe des Conductors einer Elektrisirmaschine mittelst eines Drahtes an einem gut abgeleiteten Stativ einen Frosch auf, den man eben erst durch einen Schlag auf den Kopf betäubt hat; so oft man den Conductor durch die rasch daran geführte Hand entladet, bemerkt man ein Zucken der Schenkel des Thieres. Es muß aber eine sehr kräftige Maschine verwendet werden, wenn der Versuch für den Unterricht geeignet sein soll.

269 Die Lehre von der **Vertheilung der Elektricität auf der Oberfläche** leitender Körper und die Wirkung der Spitzen kann man durch Versuche mit dem Probefleischchen, welches auf verschiedene Stellen einer isolirten Kugel angelegt wird, erörtern. Die Kugel kann von Holz und mit Stanniol überzogen sein und wird an einem seidenen Schnürchen aufgehängt; der Stanniolüberzug muß aber mit besonderer Vorsicht geglättet werden. Ebenso kann man einen länglichen Cylinder verwenden, etwa den weiter unten bei den Versuchen über Vertheilung beschriebenen. Als Elektrometer dient dabei ein Goldblatt- oder Strohhalm-Elektrometer. Die Versuche lassen sich, wenn man nicht gerade Genauigkeit will, recht wohl beim Unterrichte machen.

270 Die **Wirkung der Spitzen** zeigt man auch durch eine mittelst Wachs an den Conductor geklebte feine Nähnadel. Man hält eine Kerzenflamme gegen dieselbe, um die Wirkung des elektrischen Windes zu zeigen und kann zugleich auf den Unterschied in der Funkenlänge aufmerksam machen. Für letzteren Zweck kann man auch die Nadel mit der Hand dem Conductor nähern. Ein sehr zweckmäßiger Apparat, um die Wirkung der Spitzen zu zeigen, ist in Fig. 545 dargestellt. Auf dem Brettchen *mm* ist der gebogene Glasstab *a* befestigt, dessen Ende eine hölzerne oder messingene Fassung *b* trägt, in welcher der gleichdicke, oben aber in die feine Spitze *c* auslaufende Draht *d* mit so viel Reibung verschoben werden kann, daß er in jeder Stellung hält. Dieser Draht

trägt unten die angeschraubte metallene Kugel *e* von 1 bis 2 Zoll Durchmesser, doch kann auch selbst eine Zinnkugel aus dem Flintenkugelmodell gebraucht werden; der Kugel *e* gegenüber ist auf dem

Fig. 545.

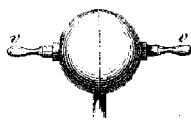


Brettchen eine zweite *f* befestigt, welche eine gute Ableitung hat. Richtet man die Spitze des Drahtes gegen den geladenen Conductor, so saugt sie stillschweigend Electricität ein, welche je nach der Entfernung der Kugeln als größere oder kleinere Funken von der oberen in die untere Kugel übergeht.

Für den Satz, daß sich die Electricität nur auf der Oberfläche anhäuft, hat man verschiedene Apparate. Der eine besteht aus einer leitenden Kugel, über welche zwei ebenfalls leitende, mit isolirenden Handgriffen versehene Halbkugeln passen, die aber innerhalb mindestens $\frac{1}{2}$ Zoll mehr Durchmesser haben als die Kugel, welche letztere entweder an

einem Glasstäbchen isolirt ist, oder an einem Seidenfaden hängt, wofür die Halbkugeln Oeffnungen haben; Fig. 546. Man macht entweder die Kugel vorher elektrisch, bevor man die Halbkugeln daran legt, oder erst nachher; in

Fig. 546.



beiden Fällen zieht man die Halbkugeln, nachdem man sie mit der inneren Kugel in Verührung gebracht und dann wieder so bewegt hat, daß die innere Kugel nirgends die Halbkugeln berührt, an ihren Handgriffen wieder weg, indem man sie in gerader Richtung mit einem Ruck auseinander zieht. Nur die Halbkugeln sind nachher elektrisch. Der Versuch ist aber keiner

von jenen, über deren Gelingen man sicher sein kann, wenn auch die Isolirung gut ist, weil man so leicht beim Abnehmen der Kugelschalen an die innere Kugel anstößt. Faraday setzt einen hohlen Cylinder aus Drahttuch von etwa 2 Zoll Weite und 4 Zoll Höhe auf ein isolirendes Gestell und elektrisirt denselben. Mit dem Probefcheibchen kann man zeigen, daß er nur außerhalb elektrisch ist. Ebenso kann man einen spitzigen Sack aus Mouffelin an einem metallenen Ring auf ein isolirendes Gestell bringen, Fig. 547 (a. f. S.), denselben elektrisiren und wieder durch das Probefcheibchen zeigen, daß er nur außen elektrisch ist. Kehrt man den Sack mittelst eines in der Spitze befestigten Seiden-

fadens um, so ist er wieder nur außen elektrisch. Sehr geeignet und sicher ist auch folgender Apparat, wenngleich derselbe nicht direct beweist. An einen

Fig. 548.

Fig. 547.

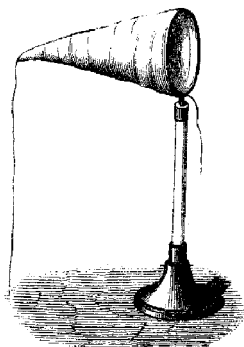
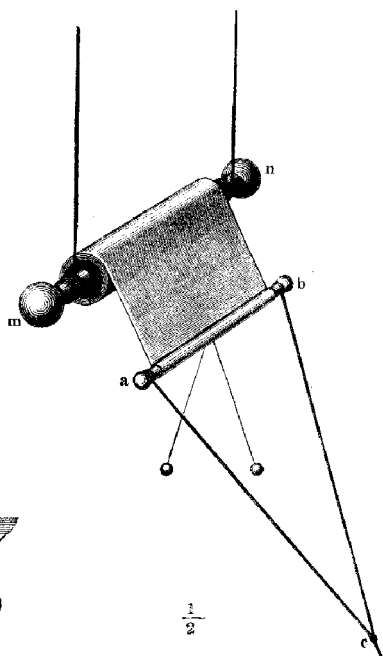
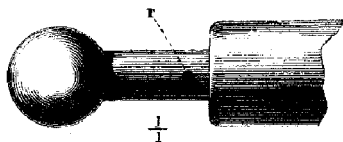


Fig. 549.



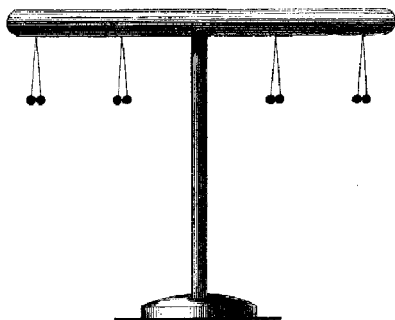
metallenen Cylinder *mn*, Fig. 548, an welchen beiderseits Rinnen angedreht sind, ist ein 2 bis 3 Zoll breiter Streifen echten Goldpapiers von der Länge eines Bogens angeklebt. Das andere Ende des Streifens ist um ein Stück einer Thermometerrohre *ab* befestigt, an welche die beiden Enden einer etwa 2 Fuß langen Seidenschnur *c* geknüpft sind, und trägt zugleich zwei Hollundermarkförmigen an leinenen Fäden. Durch die Löcher *r*, Fig. 549, welche in die Rinnen gebohrt sind, werden die Enden einer anderen längeren Seidenschnur gezogen und durch Knoten am Herausgehen verhindert. Wird nun der Goldpapierstreifen um den Cylinder aufgewickelt und dann, während dieser an den Schnüren in der einen Hand gehalten wird, mit der anderen Hand an der Schnur *c* gezogen, so muß sich der Cylinder an seinen Schnüren in die Höhe wickeln, so wie sich der Goldpapierstreifen abwickelt; läßt der Zug nach, so sinkt der Cylinder *mn* durch sein Gewicht und das Goldpapier wickelt sich wieder auf. Geschieht dieses während der Cylinder elektrisch ist, so nimmt die Diver-

genz des Hollundermark-Elektrometers ab, wie der Goldpapierstreifen abgezogen wird, weil dadurch die Oberfläche vergrößert wird; umgekehrt wächst sie wieder, wenn man das Goldpapier sich wieder aufwickeln läßt. Trockene Luft ist aber natürlich auch hierbei erforderlich. Man kann den Versuch auch so abändern, daß man auf die (Condensator-) Platte eines Elektroskops eine Kette legt, dem Elektroskop Electricität mittheilt und dann die Kette mittelst eines Glasstäbchens in die Höhe zieht. Die Divergenz des Elektroskops nimmt ab und wächst, wenn man das Ende der Kette in die Höhe zieht und wieder sinken läßt.

B. Versuche über die Lehre von der Vertheilung *).

Man nimmt entweder zwei etwa fingerdicke und 10 bis 12 Zoll lange 272 Messingdrähte, die an beiden Enden halbkugelförmig abgerundet und ihrer ganzen Länge nach mit Wachsstein und feinem Smirgel rein geschliffen werden, oder lieber noch etwas dickere Conductoren aus Messingblech, wobei jedoch sowohl die halbkugelförmigen Enden auf die Röhre, als diese selbst der Länge nach scharf auf einander gelöthet sein müssen. Die Drähte werden auf etwa 10 bis 12 Zoll lange grüne Glasstäbe aufgefittet; bei den Röhren kann für sie eine passende Oeffnung in die Röhre hineingehen, damit der Kitt besser halte. In

Fig. 550.



beiden Fällen werden die Stäbe gut mit Schellack gesirnißt, und erhalten hölzerne Füße, wie Fig. 550. Jede Röhre erhält 4 Paar Hollundermark-Elektrometer, deren leinene Fäden mit seidenen an den Conductoren geknüpft werden oder an leicht aufstreifbaren Messingringen hängen. Die Versuche selber müssen nur bei ganz guter Witterung gemacht werden, und es ist in manchen Fällen besser, dem Conductor der Elektrisirungs-

*) Die Versuche von Faraday über die Vertheilungserscheinungen bei Nichtleitern müssen hier übergangen werden, da sie die hier angenommene Ausdehnung des Unterrichts überschreiten.

schine seine Electricität durch Verührung zu entziehen, statt den Vertheilungsconductor wieder von ihm zu entfernen, um ihn aus der elektrischen Atmosphäre zu bringen. Uebrigens eignet sich als elektrischer Körper für solche Versuche ein Harzfuchsen besser, als der Conductor der Elektrisirungsmaschine, selbst die Siegelack- oder Glasstange ist vorzuziehen, da von ihnen aus weniger ein wirklicher Uebergang stattfindet. Um nachzuweisen, daß der in Vertheilung befindliche Conductor an seinen beiden Enden entgegengesetzte Electricität habe, nimmt man am besten eine Hollundermarktkugel an seidenem Faden, der man vorher Electricität mittheilt, und nähert dieselbe dem im Zustande der Vertheilung befindlichen Conductor an verschiedenen Stellen. Wird der Conductor während der Vertheilung ableitend berührt — es ist gleichgültig, an welcher Stelle — so zeigt er auf seiner ganzen Länge, aber am stärksten in der Nähe des vertheilenden Körpers, die diesem entgegengesetzte Electricität; wird die Ableitung aufgehoben und dann erst der vertheilende Körper entfernt, so ist die früher gebundene Electricität, nach den gewöhnlichen Gesetzen, auf ihm vertheilt, d. h. an beiden Enden am meisten angehäuft. Sicherer untersucht man die Art der Electricität auf dem Vertheilungsconductor durch das Probefcheibchen (Fig. 512), indem man mittelst desselben die Electricität an ein empfindliches Vohnenberger'sches Elektrometer mittheilt, oder an ein Goldblattelektrometer und diesem dann eine geriebene Glasröhre nähert, um die Art der mitgetheilten Electricität zu erkennen.

Nimmt man beide Vertheilungs-Conductoren, so kann man sie als Einen aneinander stellen, und während sie im Zustande der Vertheilung sind, durch einen Ruck trennen, worauf jeder nur einerlei Electricität zeigt, was nicht der Fall ist, wenn sie getrennt hinter einander stehen.

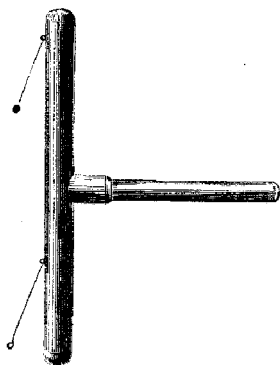
Da diejenigen Pendel, welche in der Nähe des elektrischen Körpers sind, von diesem stark angezogen werden, so muß man die geriebene Glasröhre oder überhaupt den elektrischen Körper dem Ende des Vertheilungsconductors von oben her nähern, oder man kann auch dem Conductor eine senkrechte Lage geben und nur je ein Pendel anwenden, wie Fig. 551 zeigt, wo ein Harzfuchsen die Vertheilung bewirkt. Jedenfalls ist es immer nothwendig, dafür zu sorgen, daß man den Conductor nicht halten muß, weil man die Hände zur Untersuchung der Art der Electricität braucht. Ueberhaupt muß man die Vertheilung nie zu stark wirken lassen, weil sonst leicht eine theilweise Mittheilung Täuschungen veranlassen könnte.

Für Versuche über Vertheilung kann auch jedes empfindliche Elektrometer dienen. Sobald man einen elektrischen Körper demselben nähert, zeigt es Electricität an, und zwar dieselbe, welche der elektrische Körper selbst besitzt, da diese in das untere Ende zurückgedrängt wurde. Mit der Entfernung des elektrischen Körpers verlieren sich auch die Anzeigen von Electricität wieder.

Wird der Knopf des Elektrometers ableitend berührt, während es sich im

Zustande der Vertheilung befindet, so verlieren sich alle Zeichen der Elektricität; hebt man aber die Ableitung wieder auf, ehe der elektrische Körper entfernt wird,

Fig. 551.



so zeigt das Elektrometer nach der Entfernung des letzteren die entgegengesetzte Elektricität. Es ist dieses zugleich ein einfacher und unterrichtender Versuch für die Lehre von gebundener Elektricität.

Wenn man die Knöpfe zweier gleicher Strohhalmelektrometer durch einen isolirten Leiter (Draht an Siegellack) verbindet, dann einen elektrischen Körper dem einen nähert und während des Zustandes der Vertheilung die leitende Verbindung entfernt, so zeigen nach Entfernung des vertheilenden Körpers nun ebenfalls beide Elektrometer verschiedene Elektricität. Ueberhaupt lassen sich mit zwei gleichen Strohhalmelektrometern

noch manche Versuche über Vertheilung der Elektricität auf der Oberfläche, über gegenseitige Neutralisirung der beiden Elektricitäten u. dgl. machen, indem man das eine elektrisch macht und das andere entweder gar nicht oder schwächer, oder entgegengesetzt elektrische mit dem ersten durch einen isolirten dünnen Draht verbindet.

Bei der Lehre von der Vertheilung kann man auch die Fundamentalversuche mit den Hollundermarkkugeln wieder anstellen und auf den Unterschied aufmerksam machen, der zwischen der Lebhaftigkeit der Anziehung bei einem isolirten und bei einem nicht isolirten Kugeln stattfindet.

Gebundene Elektricität. Am bequemsten läßt sich die Theorie 273

der Leydner Flasche durch den Apparat Fig. 552 (a. f. S.) zeigen. Zwei runde Platten *AB*, *EF* von Metall sind mit einem etwas dickeren abgerundeten Rande und gut isolirenden Glasgriffen, die eine auch mit einem hölzernen Fuße versehen; zwischen beide kommt eine dünne Glasplatte *CD*, die mindestens 1 Zoll die Platten *AB*, *EF* überragt; sie braucht nicht abgerundet zu sein. Statt der Metallplatten kann man sich gut eben gedreht und glatt geschliffener Holzplatten bedienen, die man schön glatt mit Stanniol überklebt, wodurch der Apparat sehr wohlfeil wird. Jede Platte wird mit einem Hollundermark-Elektroskop versehen, welches abgenommen werden kann; zu dem Ende ist das obere an einem mit metallenen Fädchen versehenen Draht, das untere an einem Fädchen aufgehängt. Nimmt man nun *AB* an ihrem Glasstabe ab, läßt einen

Funken darauf schlagen, und nähert sie der Glasplatte, während die Kugeln divergiren, Fig. 553, so sinken ihre Kugeln sehr nahe zusammen und die von

Fig. 552.

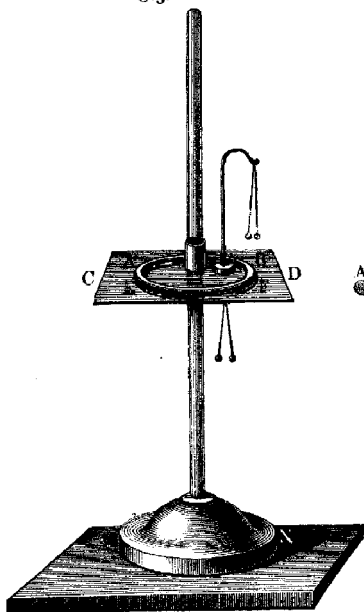


Fig. 554.

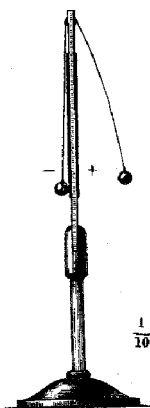


Fig. 553.

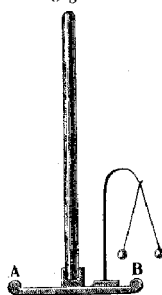
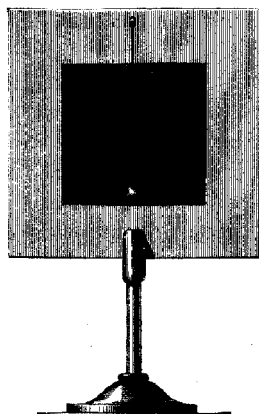


Fig. 555.



EF divergiren; nimmt man *EF* ihre Elektricität ab, so sinken auch die Kugeln von *AB* bis auf eine kaum merkliche Distanz zusammen. Wird *AB* wieder abgehoben, so divergiren jetzt beide Kugelpaare. Leitet man, während *AB*

auf der Glasplatte sitzt, mittels eines isolirten Drahtes neue Funken auf *AB*, so divergiren beide Kugelpaare abermals; man läßt nun Funken übergehen, so lange sie *AB* annimmt; berührt man dann *EF* ableitend, so sinken die Kugeln zusammen, jedoch die oberen nicht mehr ganz; allein *AB* nimmt wieder neue Funken an u. s. w. Setzt man dann beide Platten durch einen Draht in Verbindung, so erhält man den verstärkten Funken; trennt man aber beide Platten und das Glas, berührt die Platten ableitend und setzt den Apparat wieder zusammen, so ist derselbe doch noch geladen. Auch dann, wenn er ohne vorherige Trennung entladen wird, zeigt sich der Apparat nach kurzer Zeit von Neuem, wenn auch viel schwächer geladen. Es ist dieses der sogenannte Rück-

stand, der um so größer wird, je länger der Apparat geladen erhalten wird, und bei der Behandlung entladener Leydner Flaschen Vorsicht nöthig macht. Man nimmt zu dem Apparate eine dünne, recht ebene Glasplatte und darf darum und auch der Selbstentladung wegen die Ladung nicht zu weit treiben.

Zur Lehre von der Leydner Flasche dient auch eine Glasafel, die auf beiden Seiten bis auf einen Abstand von etwa 2 Zoll vom Rande mit Stanniol belegt ist. Sie wird vertical auf einen hölzernen Fuß gestellt, Fig. 554 und 555, und erhält beiderseits Hollundermarkkugeln an leinenen Fäden, welche mit etwas Wachs auf den Stanniol geklebt werden. Die Ladung wird wie gewöhnlich durch Aufstellen der einen Belegung an den Conductor bewirkt, wobei man die andere Seite ableitend berührt oder den Finger doch in die Nähe hält, um Funken überspringen zu lassen.

Wird die Tafel vom Conductor entfernt, so kann man abwechselnd die eine und die andere Belegung berühren; jedesmal fällt das Pendel der berührten Seite zurück bis an die Belegung und das andere entfernt sich. Es ist gut, wenn der freie Rand des Glases mit Siegellackauflösung gefirnißt wird, und zwar durch wiederholte Anstriche, wozu man jedesmal die Lösung gehörig aufrüttelt. Wenn der Anstrich so dick geworden ist, daß nirgends mehr Glas durchscheint, was man aber lieber durch öfteren Anstrich, als durch dickes Auftragen erreichen muß, so giebt man zuletzt noch einen oder zwei Anstriche mit reiner Schellacklösung, da Siegellacklösung, auch wenn ganz gutes Siegellack verwendet wird, gern ein wenig klebend bleibt, Schellack aber der Oberfläche Festigkeit und dauerhaften Glanz giebt.

Die Leydner Flasche. Herstellung derselben. Am geeignetsten dazu 274 sind die sogenannten Zuckergläser. Was die Größe betrifft, so bedarf man deren mehrere: eine ganz kleine, etwa von 4 bis 5 Zoll Höhe und 2 bis 2½ Zoll Weite, eine größere von etwa 2 Liter Inhalt, welche als Maßflasche hergerichtet wird, und eine oder mehrere beliebig große, außerdem noch eine vierte ebenfalls von 3 bis 6 Liter Inhalt und dickem Glase für Versuche mit hoher Spannung.

Wenn man eine größere belegte Oberfläche braucht, so erreicht man immer stärkere Wirkung, wenn diese auf einer Flasche ist, als wenn man dafür mehrere kleinere Flaschen zur Batterie verbindet, deren belegte Oberflächen zusammen genommen jener gleich sind. Verfertigt man aber mehrere größere Flaschen, so sind solche Gläser vorzuziehen, welche mehr hoch als weit sind, weil beim Zusammenstellen derselben zur Batterie dann auf der gleichen Grundfläche mehr belegte Glasfläche erhalten wird: Raumersparniß aber ist immer sehr zu berücksichtigen. Man muß solche Gläser aussuchen, welche möglichst gleich dickes und reines Glas haben: denn an den dünneren Stellen, oder wo sich Blasen vor-

finden, werden die Flaschen leicht durch Selbstentladung zertrümmert — ein Ereigniß, welches doch mitunter eintritt und um so mehr das Selbstanfertigen der Flaschen nöthig macht. Gut ist es freilich, wenn das Glas bei diesen Flaschen dünn ist, nur darf man dieselben dann nie für solche Versuche verwenden, welche etwas höhere Spannung erfordern, sondern nur für solche, bei welchen es mehr auf die Quantität der Electricität ankommt, die man dann durch Vermehrung der belegten Oberfläche, d. h. der Flaschenzahl, erreicht. Jene Flasche, welche für die Versuche mit hoher Spannung bestimmt ist, muß etwa liniendickes Glas und einen etwa 5 Zoll breiten unbelegten Rand haben.

Allerdings erhält man auch eine größere Quantität, wenn man die Flaschen auf eine hohe Spannung ladet, d. h. so weit, daß ihre Funkenlänge sich der Funkenlänge der Maschine nähert, allein dabei verliert man durch die unvollkommene Isolirung sehr viel Electricität, d. h. Zeit beim Laden, und dieses ist ja bei kleineren Maschinen ohnehin zeitraubend genug. Man kann sich leicht überzeugen, wie weit man die Ladung einer Flasche oder Batterie, wo es nicht auf hohe Spannung ankommt, ohne Zeitverlust treiben kann, wenn man dieselbe einmal gut isolirt und die äußere Belegung mit der Lanne'schen Maßflasche verbindet, deren Kugeln sehr nahe gestellt sind. So wie die für eine Entladung der Maßflasche erforderliche Zahl der Umdrehungen rasch steigt, wird man die Quantität der Ladung nicht mehr im Verhältnisse der erforderlichen Arbeit vermehren, und es wird daher vortheilhafter sein, wenn es doch geschehen muß, für die Erreichung gewisser Resultate die Zahl der Flaschen zu vermehren. Mit 4 Quadratzuß äußerer Belegung reicht man für alle Versuche aus, die zur Erläuterung der Wirkung des Schlages nöthig sind, wenn die Maschine auch nur 2 Zoll Schlagweite hat; der unbelegte Rand wird dabei etwa 3 bis 4 Zoll hoch, damit man für gewisse Fälle auch noch ordentliche Spannung anwenden kann.

Das nächste Erforderniß nach dem Glase ist der Stanniol, der leider nicht überall zu haben ist. Spiegelbeleger haben zwar solchen, allein der ihrige ist zu dick. Wenn keiner im Orte zu haben ist, läßt man ihn am besten direct von Nürnberg kommen. Das Pfund feine Glanzfolie kommt nicht über 1 Fl. 24 bis 36 Kr. zu stehen, und giebt mindestens 24 Quadratzuß. Unedhtes Silberpapier ist nur ein schlechtes Surrogat für Stanniol, da einmal das Zinn auf ihm sehr oft unterbrochen ist, und die Papierschichte schlecht leitet.

Zum Aufkleben des Stanniols bedient man sich eines sehr gleichförmigen, leicht zertheilbaren Stärkeklisters. Der Kleister darf nur sehr dünn auf den Stanniol aufgetragen werden, und letzterer wird sodann auf das Glas gelegt, mit einem Papier bedeckt und durch dieses hindurch mittelst eines zusammengeballten Stückes Zeug aufgerieben, so daß er glatt anliegt. Sollten dennoch Blasen bleiben, so rührt dieses von zusammengehobener Stärke oder von Luft

her; in beiden Fällen hilft ein kleiner Schnitt in die Blase und wiederholtes Anreiben. Da der Boden der Gläser gewöhnlich nach innen erhaben ist, so fängt man bei diesem an und schneidet dazu ein rundes Stück Stanniol, dem man am Rande Einschnitte giebt; man nimmt dasselbe so groß, daß es noch an die Seitenwand hinauf reicht. Diese letztere wird mit senkrechten, je nach der Größe der Flasche nicht über 2 bis 3 Zoll breiten Stanniolstreifen belegt. Erst wenn die Flasche innerhalb überzogen ist, beginnt man den äußeren Ueberzug; da hier der Boden vertieft ist, so spannt sich der Stanniol eben über die Vertiefung; man sucht denselben, nachdem die Ränder aufgerieben sind, durch sanftes Reiben mit einem Tuche nach und nach in die Vertiefung hinab zu treiben, welches gewöhnlich gelingt, wenn die Vertiefung nicht zu stark ist: etwa entstehende Risse müssen ausgeflacht werden. Ist der Ueberzug fertig, so stellt man die Flasche auf den Tisch und bezeichnet durch Einschnitte ringsum eine gleiche Höhe vom Boden; nach diesen Einschnitten schneidet man dann den Stanniol ringsum in gleicher Höhe mit einem Messer zuerst äußerlich und nachher auch innerhalb eben.

Die oben erwähnte kleine Flasche, sowie die Maßflasche, welche beide dünnes Glas haben sollten, erhalten einen unbelegten Rand von etwa 2 Zoll, welcher entweder mit Schellack- oder besser Siegellacklösung überstrichen wird — ersteres nach vorherigem Erwärmen der Flasche; doch ist dieses nicht geradezu nothwendig. Die größeren Flaschen erhalten einen unbelegten Rand von 3 bis 4 Zoll, und Flaschen für hohe Spannung müssen einen freien Rand von 6 bis 8 Zoll haben, wobei es gut ist, wenn auch noch der Leitungsdraht vom Knopfe bis in die Flasche hinein in eine Glasröhre eingeschlossen wird. Hier ist der Siegellacküberzug sehr nützlich.

Nachdem die Flaschen mit Stanniol belegt sind, macht man für dieselben, wenn sie einzeln bleiben, ein Futter von Pappe, welches innen und außen mit Silberpapier überzogen ist und etwa bis auf $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{2}$ der Höhe der Belegung reicht. Es dient sowohl zum Schutze der Belegung als des Glases, auch kann man gerade oberhalb dieses Futters einen Ring von dünnem Messingdraht um die Flasche legen, der einerseits eine Haste bildet für das Einhängen der Ketten etc.

Zuletzt läßt man vom Dreher einen möglichst gut passenden Deckel von Holz verfertigen, durch welchen der zuleitende Draht bis nahe auf den Boden der Flasche reicht. Man nimmt zu diesem Messingdraht von 1 Linie Stärke — für sehr große Flaschen wohl auch Messingröhren von 2 bis 4 Linien Durchmesser, die man ja jetzt so leicht und so schön im Handel bekommt. Das äußere Ende dieses Zuleiters erhält einen Knopf von $\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll Durchmesser, der auf den Draht geschraubt oder gelöthet wird. Der Knopf ist hohl, und kann allenfalls vom Blechener aus Messingblech getrieben und scharf zusammengelöthet

werden. Zur Noth kann man auch an den Draht in jedem Flintenkugelmodell eine Zinnkugel anhängen. Der Mechanikus macht die Knöpfe aus zwei hohl gegossenen Halbkugeln und dreht sie rund. Das innere Ende der Röhre oder des Drahtes erhält ein Stück Trese oder ein paar kurze Ketten zur Verbindung mit dem inneren Belege und zur Schonung desselben. Bei der kleinen Flasche wird, einiger Versuche wegen, der Deckel aufgestittet, so wie bei der Panne'schen Maßflasche. Das Aufstitten kann hier ganz einfach so geschehen, daß man Siegellacklösung wiederholt zwischen Deckel und Glas laufen läßt, nachdem vorher wenigstens der Rand des Deckels, wo er auf dem Glase aufsteht, mit solcher Lösung dick angestrichen wurde.

Sollen mehrere Flaschen in eine Batterie vereinigt werden, so kommen sie in einen Kasten zu stehen, der sie gerade alle in gehöriger Ordnung fassen kann, und innen mit Stanniol bekleidet wird; ein mit diesem Stanniol verbundener Messingring wird außen angebracht. Die inneren Belegungen werden durch dicke Messingdrähte, welche von Kugel zu Kugel oder von Stange zu Stange gehen, verbunden; an ihren hakenförmig umgebogenen Rändern erhalten sie Knöpfe von der Größe einer Flintenkugel.

Bequem sind solche Batterien, denn man kann eine willkürliche Zahl ihrer Flaschen am inneren Belege mit einander verbinden. Für Ladungen mit hoher Spannung sind sie aber deswegen nicht angenehm, weil hierbei manchmal eine Flasche durch Selbstentladung zertrümmert wird und man nicht immer wieder eine haben kann, welche gerade den Platz der zertrümmerten ausfüllt. Man hat aber in der That Batterien nicht nöthig, es sind ja schnell eine Anzahl Flaschen zusammengestellt, und durch einen, sie alle umfassenden weichen Messingdraht äußerlich verbunden. Die Verbindung der inneren Belege muß durch dicken Messingdraht geschehen, der auf beiden Seiten hakenförmig umgebogen oder mit Kugeln versehen ist. Auf gute Verbindung muß hier besonders gesehen werden.

Fig. 556.



Ganz kleine Flaschen verfertigt man manchmal aus Medicingläsern; sie werden dann nur äußerlich mit Stanniol überzogen. Statt der inneren Belegung füllt man sie mit Feilspänen entweder ganz, oder man schüttet zuerst eine etwas dicke Gummilösung hinein, die man auf der inneren Seite bis zur verlangten Höhe ausbreitet, und dann erst die Feilspäne; was von den letzteren nicht angeklebt wird, schüttelt man nach dem Trocknen wieder heraus. Der Leitungsdraht wird in diesem Falle durch einen Kork gesteckt. Man kann den Leitungsdraht an solchen Flaschen, wie in Fig. 556, krümmen. Nimmt man dann in die drei letzten Finger ein amalgamirtes Leder, um eine in der anderen Hand gehaltene Glasröhre

zu reiben, während man ein solches Fläschchen zwischen Daumen und Zeigefinger so hält, daß die geriebene Glasröhre durch den Ring geht und an ihm streift, so kann man eine so kleine Flasche hinlänglich laden, um etwa Knallgas zu entzünden und einen kleinen Schlag zu erhalten. Um die Selbstentladung an einer Flasche bequem zu zeigen, verfertigt man eine solche aus einem starken Opodeldoglase (2 bis 4 Unzen), welches bis an den Hals mit Stanniol belegt wird; Hals und Pfropf werden gut gefirnigt.

Der Auslader. Als Auslader kann man am vortheilhaftesten die in 275 Fig. 557 abgebildete Vorrichtung anwenden, wo die beiden mit Knöpfen versehenen Drähte *bc* und *b'c* durch ein Gelenk in *c* verbunden sind und jeder einen besonderen isolirenden Handgriff hat, wodurch man also die Entfernung der beiden Knöpfe nach Belieben reguliren kann. Der Apparat muß so groß sein, daß er auch bei den größeren Flaschen ausreicht, wozu die einzelnen Arme 8 bis 10 Zoll lang sein müssen. Als Handgriffe *m, m'* nimmt man 4 bis 5 Zoll lange und $\frac{1}{2}$ bis 1 Zoll dicke grüne Glasstäbe, welche eine kurze Messingfassung bekommen, die an die Drähte angelöthet wird. Wenn die beiden Arme nur einen isolirenden Griff beim Gelenke *c* haben, so ist dieses sehr unbequem, viel unbequemer, als wenn man sich der allereinfachsten Entlader bedient. Am einfachsten ist es nämlich, an einer etwas starken Kette von Messingdraht, etwa

Fig. 557.

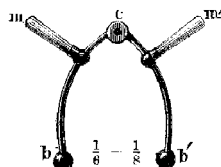


Fig. 558.



wie die Ketten für die Uhrengewichte, einen Draht mit angegossener Kugel von Blei oder Zinn zu befestigen, der in eine Glasröhre eingeschlossen ist, Fig. 558. Die Kette wird dann am äußeren Belege angehängt und der Draht an der Glasröhre gehalten. Ebenso ist es zweckmäßig, einen längeren Draht von 2 bis 3 Millimeter Durchmesser mit zwei Glasröhren und Kugeln zu versehen, wie dieses Fig. 559 zeigt. Der Draht kann federhart sein. Für sehr viele Versuche ist ein mit einer Glasröhre umgebener Draht mit einer Kette am bequemsten, Fig. 559.

Fig. 559.



- 276 Ein sehr bequemer Apparat ist der Henley'sche allgemeine Auslader, der in Fig. 560 abgebildet ist. Er besteht aus zwei auf einem Brettchen stehenden Säulchen, welche die Leitungsdrähte tragen, und einem dazwischen befindlichen verstellbaren Tischchen. Die beiden Säulchen sind von Glas, und haben oberhalb eine messingene Fassung, in welcher die Leitungsdrähte der Länge nach

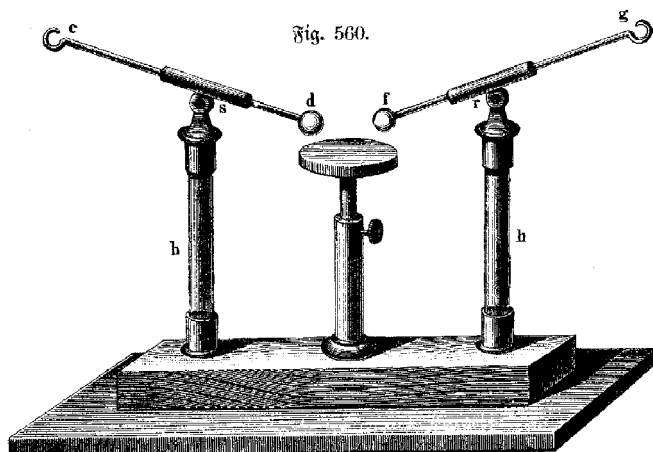


Fig. 560.

verschoben und zugleich in verschiedene Neigung gebracht werden können. Dieselben müssen zugleich in den erhaltenen Richtungen befestigt werden können, und es läßt sich dieses sehr einfach auf die in Fig. 561 und 562 in der Hälfte der natürlichen Größe abgebildete Weise erreichen. Das Stüd *aa*, in welchem

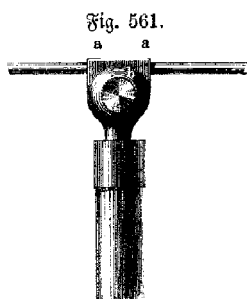


Fig. 561.



Fig. 562.

der Draht verschoben wird, dreht sich um die Schraube *c* zwischen dem Kopfe *bb*; da sowohl *aa* als *bb* eingefügt sind, so wird durch das Anziehen der Schraube *c* das ganze System in beliebiger Stellung befestigt. Die Enden



Fig. 563.

der Drähte müssen nicht notwendig Kugeln haben, man kann ihr Ende auch nur gehörig abrunden; dagegen ist es für das Einspannen von dünnen Drähten sehr bequem, wenn sie, wie in Fig. 563, eine feine Oeffnung haben, in welcher der Draht durch eine kleine Druckschraube befestigt werden kann; die Ringe an

andern Ende können immer statt der Kugeln dienen, wenn man die Drähte umgekehrt einsteckt. Das Tischchen braucht nicht isolirt zu sein, doch ist es für einige Versuche bequem, eine Glasplatte von der Größe des Tischchens zu haben. Ebenso ist es für einige Versuche bequem, wenn sein Stiel von Messing ist, und durch die Platte des Tischchens hindurch reicht. Zum Entladen kann man sich des bereits erwähnten in einer Glasröhre steckenden mit einer Kugel versehenen Drahtes und einer Kette bedienen.

Das Auslade-Elektrometer oder die Massflasche von 277

Canne. Man nimmt dazu eine Flasche von etwa 1 bis $1\frac{1}{2}$ Maß (1 bis 2 Liter) Schall und von reinem und sehr dünnem Glase; sie wird bis auf einen Zoll vom Rande belegt, da sie nie für hohe Spannung gebraucht werden soll, und es daran liegt, sie so hoch zu belegen, daß sie viel eher eine Selbstentladung über den Rand, als durch das Glas erfährt. Es ist nämlich sehr vortheilhaft, wenn man hier immer dieselbe Flasche — dasselbe Ladungsmaß hat. Der Deckel der Flasche muß aufgeschlitten werden, weil der Knopf zu ihr eine unveränderliche Stellung haben muß. Diese Flasche kommt mit ihrem Fuße aus Pappe auf einen für sie etwa einen Viertelszoll tief ausgebreiteten hölzernen Boden, Fig. 564, zu stehen, und auf denselben Boden befestigt man auch die hölzerne Säule *a*, Fig. 565, auf welcher sich eine hölzerne, durch eine Schraube anzuziehende Klemme *b* befindet, die in Fig. 566 von vorn und in der Hälfte

Fig. 565.

Fig. 564.

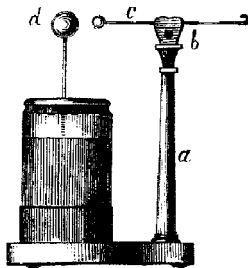
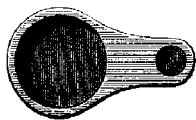


Fig. 566.



der natürlichen Größe abgebildet ist; sie ist durchbohrt, um den an einer Seite mit einer Kugel versehenen liniendicken Messingdraht *c* aufzunehmen und in jeder Entfernung von der Kugel *d* der Flasche fest zu halten. Diese Entfernungen sind auf dem Drahte selbst von Linie zu Linie verzeichnet. Da indessen der Draht *c* krümmen werden oder die Säule sich verziehen kann, so kann man die Entfernungen der Kugeln auch durch einen Zirkel mit nach außen gebogenen Spitzen bestimmen und dann dem Drahte *c* leichte Schraubengänge geben, welche ihn in der hölzernen Klemme bei der Drehung desselben hin und her führen.

Der Draht *c* wird entweder durch einen dünnen Messingdraht mit dem äußeren Belege verbunden, oder man führt einen Stanniolstreifen von der Säule selbst herunter und auf dem hölzernen Fuße fort bis zum äußeren Belege der Flasche, was aber weniger zweckmäßig ist. Man könnte der Säule allerdings auch einen kugelförmigen Aufsatz geben und den Draht durch eine darauf wirkende Druckschraube feststellen; allein dann müßte die Kugel doch von Metall sein, weil der Draht *c* durch eine Druckschraube in einer hölzernen Kugel bald verbogen würde.

Die Ladung einer Flasche oder Batterie wird durch die Lanne'sche Flasche auf die Weise gemessen, daß man die Flasche oder Batterie isolirt, und das innere Belege der Lanne'schen Flasche mit dem äußeren der Batterie verbindet, während der Knopf des Drahtes *c* in einer sehr kleinen Entfernung ($\frac{1}{2}$ bis 2 Linien) von dem Knopfe *d* der Flasche sich befindet. Wenn hierbei in zwei verschiedenen Fällen gleich viele Funken übergegangen sind, so haben die geladenen Flaschen gleich viel gebundene Electricität, ihre Zahl und Größe mag beschaffen sein, wie sie will. Man kann auch den Zustand der Elektrisirmaschine durch die Lanne'sche Flasche untersuchen, indem man zu verschiedenen Zeiten vergleicht, wieviel Umdrehungen für eine Entladung bei der nämlichen Schlagweite erforderlich sind. Ebenso kann man zwei Elektrisirmaschinen mit einander vergleichen, jedoch natürlich nur in Beziehung auf Quantität.

- 278 **Versuche mit der Flasche.** Im Allgemeinen ist hierbei zu bemerken, daß man wohl unterscheiden müsse zwischen Versuchen, welche hohe Spannung, und solchen, welche große Quantität erfordern; zu den ersteren gehören alle mechanischen Wirkungen, wie etwa Glasdurchbohrung, zu den letzteren die Erregung von Wärme in guten Leitern, wie das Einschmelzen oder Verbrennen von Gold auf Glas u. dgl. Außerdem ist es gut, jeden Versuch, der langes Drehen der Maschine erfordert, mit isolirten Flaschen zu machen, und die äußere Belegung mit der Maßflasche zu verbinden, deren Kugeln dann einen constanten Abstand erhalten. Weiß man dann einmal, bei wieviel Entladungen der Maßflasche die Entladung der großen Flaschen eine bestimmte Wirkung thut, so geht man weit sicherer bei den späteren Versuchen, und verliert die Zeit weder durch zu frühes Entladen, noch durch überflüssig langes Drehen. Die Zahl der Umdrehungen ist bei dem wechseln den Zustande der Atmosphäre und anderen Einflüssen kein so sicherer Maßstab. Dagegen ist das Henley'sche Quadranten-Elektrometer, wenn es während der Ladung auf dem Conductor steht, schon ein viel sicherer Anzeiger, ob eine bestimmte Flasche auf die erforderliche Stärke geladen sei. Ob man mit freier positiver oder mit freier negativer Electricität ladet, ist gleichgültig; wenn die Maschine beide giebt, so wird man natürlich die stärkere wählen, welche sehr oft die negative ist, da für diese, wie schon erwähnt, einige Quellen des Verlustes

nicht vorhanden sind, wie z. B. der Verlust, welcher auf dem Wege vom Reibzeuge zu dem Conductor stattfindet.

Will man übrigens zu einem bestimmten Zwecke mit freier negativer Electricität laden und hat an der Maschine nur positive, so braucht man nur die Flasche beim Knopfe anzufassen und die freie positive Ladung in die äußere Belegung übergehen zu lassen, während man die Flasche frei in der Hand hält, oder auf einem Isolirschmel stehen hat. Jedenfalls stellt man sie nach geschetzener Ladung auf den Isolirschmel, und faßt sie dann am äußeren Belege. Die Ladung wird dadurch zwar in etwas geschwächt, allein man hat nun die auf dem inneren Belege freie negative Electricität, was für Hervorbringung Lichtenberg'scher Figuren, wovon später, brauchbar ist.

Immer scheint der Funke bei der Entladung von jener Seite auszugehen, wo freie Electricität angehäuft ist.

Zur Verbindung des Conductors mit dem inneren Belege der Flaschen nimmt man zwei Linien dicken Messingdraht, den man an beiden Enden hafenförmig umbiegt und wohl abrundet. Man muß solche Haken von verschiedener Länge vorrätig haben, auch wird es gut sein, bei einzelnen die beiden Haken rechtwinklig zu einander zu stellen, anstatt beide in derselben Ebene zu biegen. Wollte man bei der inneren Belegung dünnen Draht anwenden, so würde man auch bei nur einiger Spannung beträchtlichen Verlust erleiden, wie man sich leicht durch die Lanne'sche Maßflasche überzeugen kann, indem man eine isolirte Flasche einmal durch einen gewöhnlichen dicken und das andere Mal durch einen feinen Draht mit dem Conductor verbindet, und die Umdrehungen zählt, die zu einer Entladung der Maßflasche in beiden Fällen nach und nach bei steigender Spannung nöthig werden.

Ketten müssen zu dem eben besprochenen Zwecke gänzlich vermieden werden; dieselben sind sehr wohl brauchbar, um die äußeren Belege zu verbinden, sowie zur Verbindung des äußeren Belegs mit dem Auslader und der verschiedenen Theile, durch welche der Schlag geleitet werden soll, unter sich. Man nimmt dazu, wie bereits erwähnt, von den für die Uhrengewichte gebräuchlichen, ganz einfachen und sehr wohlfeilen, nur wenig über den Preis des Messingdrahtes zu stehen kommenden Ketten, und versieht jedes Stück derselben beiderseits mit einem Haken aus etwas stärkerem Drahte.

Was die Entladung im Allgemeinen betrifft, so ist noch zu bemerken, daß der Erfolg in sehr vielen Fällen davon abhängt, daß man die Kugel des Entladers der Kugel der Flasche rasch nähert, gleichsam einen Schlag dagegen führt; es ist diese Vorsicht um so zweckmäßiger, wenn die Kraft der Ladung nur nothdürftig für den beabsichtigten Versuch ausreicht

279 **Einzelne Versuche mit der Leydner Flasche.** 1) Papier durchbohren. Einzelne Kartenblätter werden von sehr schwachen Ladungen durchbrochen. Man legt nur das Kartenblatt an die äußere Belegung und hält die eine Kugel des Ausladers, Fig. 557 und 558, darauf, während man die andere dem Knopfe der Flasche nähert. Sollen mehrere Kartenblätter durchbohrt werden, so stellt man sie bequemer auf den Tisch des Henley'schen Ausladers zwischen dessen beide Kugeln.

2) Glas durchbohren. Für diesen Versuch ist hohe Spannung die Hauptsache, man kann ihn ohne Anstand mit einer einzelnen Flasche von nur 70 bis 80 Quadratzoll äußerer Belegung durchsetzen, wenn dieselbe 6 bis 8 Zoll unbelegten Rand hat, und man eine Maschine verwenden kann, welche etwa 2 Zoll lange Funken giebt; während man bei geringer Spannung, d. h. bei nur 3 bis 4 Zoll unbelegtem Rande, vorausgesetzt, daß in beiden Fällen bis nahe zur Selbstentladung geladen wird, mit 4 und noch mehr Quadratzoll Belegung damit durchaus nicht zu Stande kommt. Jedenfalls muß man aber eine 6 Zoll breite Glasplatte von gewöhnlichem Fensterglase dazu nehmen, weil sonst der Schlag die Platte umgeht.

Man verfährt dabei am einfachsten so, daß man um das Tischchen des Henley'schen Ausladers einen Draht schlingt und das eine Ende desselben auf die Mitte des Tisches reichen läßt, während das andere in einen Haken endigt und mit dem äußeren Belege verbunden wird. Ist der Stiel des Tischchens von Metall und geht er durch das Tischchen durch, so braucht man nur die Kette vom äußeren Belege an den Stiel anzuhängen.

Auf das Tischchen kommt dann die Glasplatte, welche in der Mitte etwa 1 bis 2 Zoll breit mit Oel bestrichen wird, um die Oberfläche noch besser isolierend zu machen; der Mitte des Tischchens gegenüber wird ein spitziger in den einen Conductor des Entladers eingeschraubter oder daran gebundener Draht so auf die Glasplatte gesetzt, daß er mit einiger Federkraft sanft dagegen drückt.

Fig. 567.



Fig. 567 zeigt diese Zusammenstellung ohne die Glasplatte. Das andere Ende des Conductors wird durch eine Kette mit dem Auslader, den man in der Hand hat, verbunden und mit letzterem dann der Knopf der Flasche berührt.

3) Bei Holz wird ebenso verfahren, doch ist es zweckmäßig, dasselbe auf beiden Seiten zu firnissen.

4) Glasröhren zu sprengen erfordert eher etwas größere Quantität der Ladung, geht übrigens sehr leicht. Man führt durch zwei in eine grüne Glasröhre passende

Korkstöpsel Messingdrähte, die beiderseits in Ringe gebogen werden, füllt die Glasröhre vollständig mit Wasser und drückt die Stöpsel hinein, Fig. 568. Es ist gut, wenn man die Enden der Glasröhre an der Lampe mit einem schwachen

Fig. 568.



Halbe versieht; die Korkstöpsel schließen dann fester und die Röhre springt nicht beim Eindringen derselben. Die Drahtringe erhalten im Inneren einen Abstand von 2 bis 3 Linien, und das Ganze wird in die mit dem äußeren Belege und dem einfachen Entlader verbundene Kette eingeschaltet. Da die Splitter der Glasröhre mitunter, wenn auch nur ausnahmsweise, fortgeschleudert werden, so wird es gut sein, hiergegen irgend eine Vorkehrung zu treffen. Selbst offene Gläser können durch den elektrischen Funken gesprengt werden, für welchen Versuch aber eine ziemlich starke Ladung und 3 bis 4 Quadratfuß Belegung erforderlich sind. Man versieht hierzu ein gewöhnliches kleines Kelchglas mit zwei gebogenen Drähten, Fig. 569, welche durch ihre Federkraft am Glase haften

Fig. 569.



und außerhalb in Ringe, innerhalb in Kugelförmigen Enden (Schrottkörner Nr. 0 steckt man daran); diese erhalten wieder 2 bis 3 Linien Abstand und das Glas wird dann mit Wasser gefüllt. Der Schlag zertrümmert es meistens, doch wird es auch manchmal gerade da, wo der Kelch an den Stiel ansetzt, abgebrochen, wenn der Uebergang plötzlich gemacht ist und nicht allmählig, wie die Figur zeigt.

5) Schmelzen von Eisendraht.

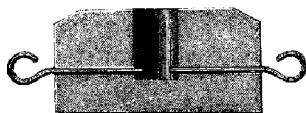
Dieser Versuch wird bei schwächeren Apparaten immer nur dann gelingen, wenn man

sich den Eisendraht viel dünner macht, als er im Handel vorkommt. Man legt zu dem Zwecke ein etwa 3 Zoll langes Stück in Salpetersäure so, daß seine Enden etwa $\frac{1}{2}$ bis 1 Zoll herausstehen und läßt dasselbe zu beliebiger Feinheit abäßen; man wäscht den Draht nachher mit vielem Wasser, trocknet ihn mit Fließpapier und befestigt seine noch dicken Enden in die Conductoren des allgemeinen Ausladers. Es gehört aber auch dann noch eine gute Ladung dazu, wenn der Draht geschmolzen werden soll, doch geht es bei Maschinen von 1 bis 2 Zoll Schlagweite mit 4 bis 8 Fuß äußerer Belegung. Platindraht bekommt man feiner als Eisendraht und er schmilzt auch noch leichter; darum verwenden

Manche bei diesem Versuche Platindrath, um der Präparation des Eisendrathes überhoben zu sein.

6) Schießpulver entzünden. Man bohrt in ein Klötzchen von hartem Holze mit einem Centrumbohrer ein Loch von $\frac{1}{2}$ Zoll Weite und 1 Zoll Tiefe, steckt durch kleinere Löcher zwei etwa liniendicke, gut in die Löcher passende Messingdrähte hinein, welche etwa 2 Linien Abstand erhalten, Fig. 570. Das

Fig. 570.



Pulver wird lose eingeschüttet und ein Korkpfropf mäßig fest und unmittelbar darauf gesetzt. An den einen der Drähte bindet man einen 3 bis 5 Zoll langen, gut durchnähten gewöhnlichen Bindfaden, und erst an diesen die Kette des Aus-

ladens, der andere Draht hat diese Unterbrechung nicht nöthig. Ohne diese Vorsicht gelingt der Versuch durchaus nicht. Die Ladung muß etwa dieselbe sein, wie bei Nr. 4 angegeben wurde.

Schießbaumwolle wird auf dieselbe Weise behandelt; man hat dabei nur dafür zu sorgen, daß dieselbe auch zwischen die Drähte komme; sie bedarf übrigens kaum $\frac{1}{4}$ der für Schießpulver erforderlichen Ladung, und der Versuch eignet sich für die allerschwächsten Maschinen.

Um Schießpulver zum Sprengen zu entzünden, wird jedoch in dasselbe eine Patrone geflekt, in welcher die beiden Drähte nun einen geringen Abstand haben — weniger als 1 Millimeter. — Diese Patrone wird mit der von Barrentrapp angegebenen Mischung aus 1 Schwefelantimon und 2 kohlensaurem Kali gefüllt, der selbst etwas Mehlpulver zugemischt werden kann. Man braucht hierfür nur eine ganz schwache Ladung und kann als Rückleitung selbst den feuchten Erdboden benutzen.

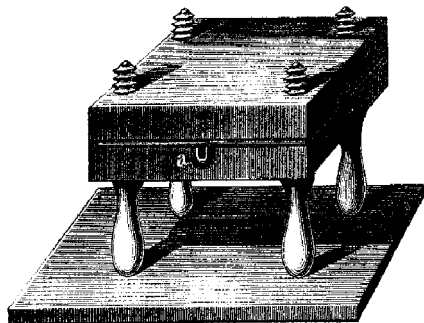
7) Gold auf Glas einschmelzen. Man läßt vom Buchbinder auf ein Streifchen ebenes Glas einen Streifen Gold, wie Fig. 571 auflegen. Man kann dieses zwar selber auch auf die Weise machen, daß man das behauchte Glas auf den Rand eines Goldblattes legt und dann längs dem Rande des Glases mit einem etwas geballten, scharfen und recht reinen und trockenen Messer einen Schnitt macht; was hierdurch zu viel an Gold auf das Glas kommt, schabt man wieder weg. Das Glas wird sodann durch einen zweiten Glasstreifen bedeckt und zwischen zwei Filzlappen, deren einer an beiden Enden mit Stanniol belegt ist, der bis zum Glase reicht, in die kleine Presse, Fig. 572, gebracht. Diese besteht aus zwei Brettchen mit zwei oder vier hölzernen Schrauben, welche zugleich als Füße dienen und deren Müttern in eines der Brettchen geschnitten sind. An zwei gegenüberstehenden Seiten des einen Brettchens ist ein Stanniolstreifen *a* angeklebt, der etwas auf die innere Fläche hineinreicht, und durch welchen eine Drahthafte in das Brettchen geschlagen ist. Auf die

Enden dieser Stanniolstreifen legt man die Filz- oder Tuchlappen mit den Glasstreifen und zieht die Schrauben ganz mäßig an. Mittelst der beiden Haken

Fig. 571.



Fig. 572.



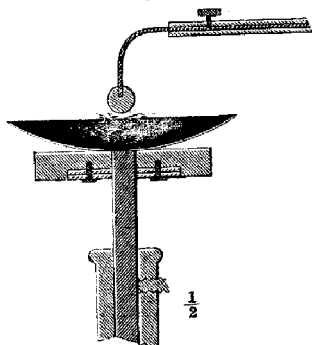
wird der Apparat in die mit dem äußeren Belege verbundene Kette des gewöhnlichen einfachen Ausladers eingeschaltet. Die Gläser werden meistens dabei zer-
schmettert und der Goldpurpur zeigt sich auf dem Glase. Der Versuch bedarf keiner so starken Ladung, wie die Entzündung des Schießpulvers.

8) Verbrennen dünner Metallstreifen. Drähte anderer Art als solche von Eisen oder Platin zu schmelzen, kann man nur bei ziemlich mächtigen Maschinen und großen Batterien versuchen. Dagegen giebt ein etwa $\frac{1}{4}$ Linie breiter Streifen von ganz feinem Stanniol einen Versuch, der auch mit schwächeren Apparaten ausführbar ist. Ein solches Streifchen von 1 bis 2 Zoll Länge wird in die Leitstäbe des allgemeinen Ausladers befestigt und der Schlag durchgeleitet. Es verbrennt und die Dämpfe des Dryds bilden leichte weiße Wölkchen. Ebenso kann der Metallüberzug auf Streifen von echtem und unechtem Gold- und Silberpapier verbrannt werden; doch erfordert namentlich unechtes Goldpapier schon eine etwas stärkere Ladung. Wenn man die Streifen zwischen zwei weiße Papiere in die kleine Presse, Fig. 572, legt, so daß ihre Enden zwischen den Papieren etwas hervorragen und auf den Stanniol der Presse reichen, so hinterlassen sie farbige Striemen auf dem Papiere. Ähnliche, nur breitere Striemen erhält man überhaupt, wenn man dünne Drähte über Papier in den Auslader spannt und sie durch den Schlag schmilzt, wobei sie immer auch zum größeren Theile verbrennen.

9) Entzündung von Kolophonium. Man pulvert das Kolophonium fein und mengt es innig unter einen Wisch roher Baumwolle von der Größe einer großen Wallnuß, indem man die Baumwolle in dem Pulver wiederholt umkehrt, nach allen Richtungen verzipft und wieder zusammenballt. Auf das Tischchen des allgemeinen Ausladers legt man dann eine flache Schale von

Metall oder ein Blech, welches mit der äußeren Belegung verbunden wird; geht der metallene Stiel des Tischchens durch dieses, so braucht man nur die Kette von der äußeren Belegung am Stiele anzuhängen. Auf dieses Blech legt man die Baumwolle in mäßig lockerem Zustande und richtet die Kugel des einen Leitdrahtes am Auslader so, daß sie noch etwa 1 bis 2 Linien von der Baumwolle absteht. Hat der Auslader an seinen Leitungsdrähten keine Kugeln, so schraubt man eine kleine Kugel mit gebogenem Stiele in den einen derselben, wie Fig. 573 zeigt; der gewöhnliche Auslader wird sodann mit seiner Kette an

Fig. 573.



diesen Leitungsdraht gehängt und die Flasche so durch die Baumwolle entladen. Man bedarf hierzu einer viel geringeren Ladung, als zur Entzündung von Schießpulver.

Wickelt man die Baumwolle um den etwas langen Docht einer Wachskerze, so kann diese dadurch entzündet werden, wenn man sie auf das Tischchen zwischen beide Kugeln des Henley'schen Ausladers stellt.

10) Eine brennende, zwischen den Drähten des Ausladers befindliche Kerze

wird durch den Schlag ausgelöscht; eine kurz vor der Entladung gelöschte aber durch einen sehr starken Schlag wieder entzündet.

11) Das Donnerhaus. Man macht ein kleines Thürmchen *aa*, Fig. 574, von Holz mit einem abnehmbaren Spitzdache, durch welches die beiderseits in Knöpfe (Blei- oder besser Zinnkugeln) endigende Leitung *cd* bis nahe zu der am Boden befindlichen mit Weingeist oder Aether gefüllten Schale *ee* geht, welche durch die Leitung bei *F* mit der äußeren Belegung verbunden ist. Ein mäßiger Schlag zündet.

Ebenso kann man ein solches Thürmchen mit leichtem Dache mit einer blechernen elektrischen Pistole versehen, Fig. 575, wo dann der Pfropf der Pistole das Dach wegschlägt. Versieht man oben das Thürmchen mit einer bei *a* und *b*, Fig. 576, wohl verbundenen Ableitung, deren Theile bei der Biegung leicht federnd in einander gesteckt sind, wie Fig. 577 zeigt, so wird das Knallgas nicht entzündet, wenn die Ableitung dick genug ist, um die schwache Ladung gut zu leiten. Ist aber zwischen *b* und *a* ein zu dünner Draht eingeschoben, so theilt sich auch bei ganz guter Verbindung die Entladung und das Knallgas wird doch entzündet. Bei der Entladung hängt man die Kette des Ausladers an den Draht auf der Spitze des Daches. Die Pistole darf jedenfalls nur wenig Gas fassen. Der letzte Versuch ist namentlich für die Lehre vom Blitz-

ableiter instructiv; derselbe kann aber auch ohne die Spielerei mit dem Thümmchen, wobei die Verbindung der Ableitung unständlich ist, weil das Dach weg-

Fig. 574.

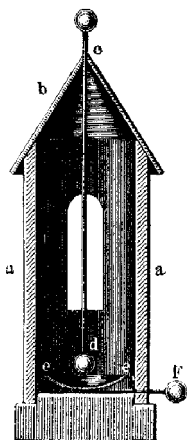


Fig. 575.

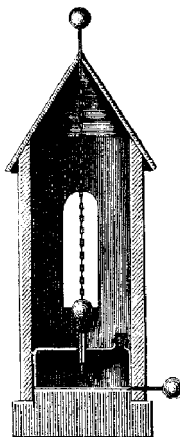
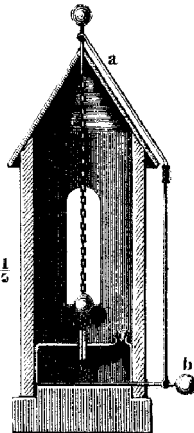


Fig. 576.



geschleudert wird, ganz einfach so angestellt werden, daß man an dem gewöhnlichen scherenförmigen Auslader, Fig. 578, zwei Drähte *ab* befestigt, wovon der eine *a* an den Knopf der Pistole, der andere *b* aber unmittelbar zum äußeren Belege der Flasche geführt wird, während auch die Pistole selbst mit diesem

Fig. 578.

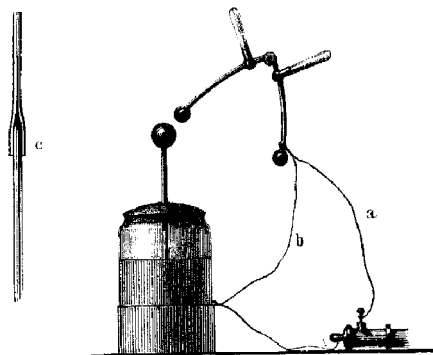
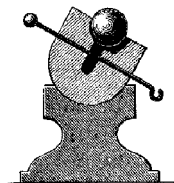


Fig. 579.



verbunden ist. Wird *b* hinlänglich stark genommen, so entzündet sich die Pistole nicht, wohl aber, wenn *b* ein dünner Draht ist. Man muß den Draht *b* etwas kurz nehmen und ihn beim Versuche gespannt halten, damit überall Berührung stattfindet, auch darf die Schlagweite in der Pistole nicht zu klein sein.

12) Der elektrische Wörfer. Man bohrt in ein abgedrehtes Stückchen Buchholz, wie es etwa Fig. 579 in $\frac{1}{3}$ der natürlichen Größe vorstellt, ein Loch,

welches oben halbkugelförmig erweitert wird, um eine darein passende kleine Kugel von Eisenbein, Holz, Kork, Hollundermark aufzunehmen, welche lose darin sitzt, aber doch die Oeffnung der Röhre da, wo sie aufliegt, gut schließt. Zwei Leitungsdrähte von der Dicke einer Linie reichen bis in die Höhlung etwa in der Mitte der Länge derselben, und werden mittelst ihrer Ringe in die am einfachen Auslader und dem äußeren Belege befestigte Kette eingeschaltet. Die Kugel wird je nach ihrem Gewichte und der Stärke der Ladung sehr lebhaft herausgeschleudert. Mit Hollundermark gelingt dieser instructive Versuch auch bei sehr mäßigen Apparaten. Da es sich bei derartigen Versuchen nicht um das Messen der Wirkungen, sondern nur um die Art derselben handelt, so kann man das complicirtere sogenannte Thermometer von Ringerslei hierbei wohl entbehren.

13) Wirkung auf Menschen und Thiere. Will man den Schlag durch eine Reihe von Menschen leiten, so giebt man dem letzten die mit der äußeren Belegung verbundene Kette in die Hand und läßt den ersten mittelst eines in eine Kugel endigenden Drahtes den Knopf der Flasche berühren, während alle unter einander mit irgend einem Theile des Körpers, am besten mit den Händen, in Verührung sind. Die Kette am äußeren Belege muß überflüssig lang sein, damit die Flasche nicht etwa herunter gerissen wird. Je größer die Zahl der Personen ist, desto stärker muß die Ladung sein. Die Wirkung nimmt indessen gegen die Mitte der Reihe hin doch etwas ab, weil ein Theil der Ladung durch den Boden geht. Deswegen muß man sich auch hüten, dem inneren Belege oder den damit verbundenen Theilen einer stark geladenen Flasche zu nahe zu kommen, wenn man nur durch ein kurzes Stück des Fußbodens vom äußeren Belege getrennt ist. Die Wirkung des Schlages auf die Menschen ist je nach ihrer Individualität außerordentlich ungleich, auch muß man wenigstens die Wirkung einer gewissen Ladung auf sich selbst kennen, ehe man sie auf Andere anwendet, da man sonst unangenehme Folgen herbeiführen könnte. Uebrigens hat man nur zu oft unfreiwillig Gelegenheit, Erfahrungen der Art zu machen, und es ist also nur bei solchen Maschinen und Flaschen, deren Kraft man nicht kennt, besondere Vorsicht zu empfehlen.

Will man den Versuch machen, Thiere durch den elektrischen Schlag zu tödten, so setzt man das Ende der Wirbelsäule mit dem äußeren Belege in Verbindung, hält den einen Knopf eines scheerenförmigen Ausladers auf den Kopf des Thieres, während man den anderen dem inneren Belege rasch nähert, um so die Entladung durch Gehirn und Rückenmark zu leiten. Ragen oder andere Thiere von dieser Größe können aber nur durch ziemlich starke Apparate getödtet werden. Bei Vögeln kommt man noch eher zum Ziele, wenn man überhaupt einen solchen Versuch machen zu müssen glaubt.

14) Für die Erklärung der Wirkung der galvanischen Zitterapparate und ihren Zusammenhang mit der physiologischen Wirkung der Leydnerflasche ist auch

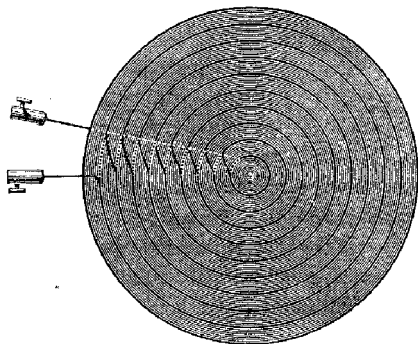
folgender Versuch interessant. Man stellt die Knöpfe der Lanne'schen Maßflasche so, daß sie nur sehr wenig ($\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{2}$ Millimeter) von einander abstehen und setzt die Person, welche den Schlag erhalten soll, oder eine ganze Reihe von Personen einerseits mit dem äußeren Belege der Flasche, andererseits mit dem Drahte c, Fig. 565, in Verbindung, während man die Verbindung dieses Drahtes mit dem äußeren Belege unterbricht. Eine einzelne Entladung wird kaum empfunden; dreht man aber die Maschine fort, so folgen sich in äußerst kurzer Zeit nacheinander zahlreiche Entladungen, und der Erfolg ist ganz derselbe, wie er sich z. B. an Inductionsapparaten bei Anwendung des Bligrades zeigt.

15) Will man die Einwirkung des elektrischen Stromes der Leydnerflasche auf die Magnethadel zeigen, so entladet man dieselbe durch einen Multiplikator mit sehr langem, wenn auch dünnem Drahte (mindestens 200 Windungen), wobei indessen die Vorsicht anzuwenden ist, daß man, wie bei der Entzündung des Schießpulvers, einige Zolle einer nassen häutenen Schnur in den Schließungsbogen bringt; man bedarf dabei nur einer ganz mäßigen Ladung.

16) Stahl wird durch den Entladungsstrom magnetisch. Um Stahlnadeln durch den Schlag der Leydner Flasche magnetisch zu machen, umwickelt man eine enge 2 bis 3 Zoll lange Glasröhre dicht mit seinem gut überzogenem Kupferdraht, den man auf der Röhre noch fixirt; an die Enden löthet man dickere Drähte, die zu Haken umgebogen werden. In die Glasröhre schiebt man ein gleich langes Stück einer stählernen Stricknadel, welche noch nicht magnetisch ist, und entladet eine mäßige Flasche durch die um die Röhre gewickelte Spirale. Bei nicht zu starken Ladungen erhält die Nadel ihren Nordpol da, wo er nach der Ampere'schen Hypothese sein soll. Bei stärkeren Ladungen finden Abweichungen statt, die hier nicht zu erörtern sind.

17) Induction durch die Flasche. Man läßt zwei Scheiben von Holz machen von etwa 10 Zoll Durchmesser und 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll Dicke; sie werden

Fig. 580.

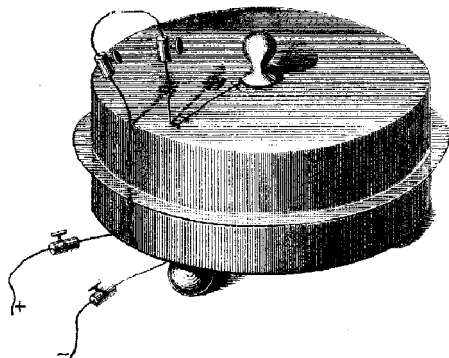


am besten aus zwei oder drei Brettchen zusammen geleimt, damit sie sich später nicht werfen, und dann auf der Drehbank rund und einerseits eben gedreht. Auf der ebenen Seite erhalten sie in der Entfernung von einem halben Zoll Rinnen von einem viertel Zoll Tiefe, welche man wie in Fig. 580 zu einer Spirale schneidet. Man muß darauf sehen,

daß diese Schnitte in beiden Scheiben symmetrisch geführt werden, damit sie beim Aufeinanderlegen sich decken. Man firnist die Rinnen und legt einen etwa 2 Millimeter dicken Kupferdraht hinein, der durch kleine schief eingeschlagene Stifte gehalten wird. Das eine Ende des Drahtes führt man nahe an der Mitte durch die Scheibe und auf der äußeren Seite wieder gegen den Rand; das andere führt man am äußeren Ende der Spirale über die cylindrische Fläche der Scheibe dem inneren Ende entgegen. Beide Enden werden durch darüber eingeschlagene Drahthaften hinreichend befestigt. Die Rinnen füllt man dann mit Harz oder Schellack aus, welches mit einem heißen Eisen eingeschmolzen wird und noch über die Scheibe hervorragt. Man ebnet dann alles wieder sauber und firnist die Scheiben mit Schellack, wo dann auch das Harz Glanz bekommt. Von den beiden Scheiben erhält die eine drei niedere Füße von Holz und die andere der bequemeren Auffassung wegen einen Knopf; isolirt brauchen dieselben nur etwa bei messenden Versuchen zu sein, und auch da natürlich nur die untere; selbst das Einlegen des Drahtes in Harz könnte vielleicht unterbleiben, wenigstens habe ich bis jetzt immer nur in einer Scheibe Harzüberzug angewendet.

Die Versuche werden einfach so angestellt, daß man zwischen die beiden Scheiben eine Glasplatte legt und die beiden Drahtenden der einen Scheibe nahe aneinander biegt, während man durch den Draht der anderen Scheibe eine

Fig. 581.



Flasche entladet. Bei jeder Entladung sieht man auch zwischen den Enden des anderen Drahtes einen Funken überspringen. Schließt ein Mensch den zweiten Draht, so erhält er immer nur ziemlich schwache Erschütterungen. Es ist gut, hier die Verbindungen durch Klemmschrauben herzustellen, aber nicht notwendig. Fig. 581 zeigt den Apparat in seiner Zusammen-

setzung. Für messende Versuche müssen die Scheiben einzeln und vertical gestellt sein, damit man denselben beliebige Entfernungen geben kann.

18) Langsame Entladung einer Flasche. Dieser Versuch ist sehr geeignet, die Wirkung der Spitzen anschaulich zu machen. Man hängt eine Kette an die äußere Belegung, hält ihr Ende zwischen den Fingern mit einer feinspizigen Nadel zusammen und nähert die letzteren langsam dem Knopfe

der Flasche; sie wird langsam entladen, wobei man im Dunkeln die Nadelspitze leuchten sieht.

19) Elektrische Hauchbilder. Man legt auf ein Stativ eine Münze, darauf ein Stück gewöhnliches sauber abgewischtes Fensterglas und auf dieses eine zweite Münze, so daß also die beiden Münzen gleichsam die Belege einer Franklin'schen Tafel bilden.

Au die untere Münze schiebt man einen am Ende in einen Ring gebogenen Draht, der gegen die obere umgebogen wird, so daß sein Ring noch etwa eine Linie Abstand von der Münze hat. Das Stativ stellt man unter den Conductor der Elektrirmaschine, und läßt von diesem eine Kette auf die Münze herabhängen. Wird die Maschine gedreht, so folgen rasch nach einander Selbstentladungen des kleinen Apparats; nach einigen Hundert derselben nimmt man ihn auseinander, und die beiden Münzen zeigen sich beim Behauchen des Glases auf demselben abgebildet. Man sieht diese Bilder nach öfterem Abwischen manchmal nach vielen Monaten noch auf dem Glase, wenn es wieder behaucht wird.

Man kann hierbei auch so verfahren, daß man zwei Glasplatten bis gegen den Rand hin auf einer Seite mit Stanniol belegt, dann zwischen beide eine aus Papier geschnittene Figur legt und nun einige Zeit elektrisirt. Verwendet man zum Elektrisiren die beiden Pole eines Zinzentorff'schen Apparates, so soll man nach W. R. Grove die Figur mittelst Aetzung durch Flußsäure zum Vorschein bringen können. Wenn man eine solche Glasplatte mit Collodium überziehe und dieses, wie bei der Photographie, mit Silberfalz belade, dann die Platte dem Tageslichte aussetze, so würden die von dem Papier bedeckt gewesenenen Stellen bei der Behandlung mit Pyrogallussäure geschwärzt und das Bild könne auf gewöhnliche Weise durch eine starke Lösung von unterschwefligsaurem Natron fixirt werden.

Der Elektrophor. Der Elektrophor wird gewöhnlich selbst angefer- 280 tigt, und man verfährt dabei auf folgende Weise. Die Form wird entweder von Holz oder von Blech gemacht; im ersteren Falle wird um ein wohl abgerundetes und getrocknetes Brett von festem Holze (etwa $\frac{1}{2}$ Zoll dick) eine hölzerne Zarge genagelt, welche den Boden um 2 bis 3 Linien (6 bis 9 Millimeter) überragt, und hierauf das Ganze mit unedtem Goldpapier oder Stanniol allseitig überzogen. Blecherne Formen sind viel leichter Verbiegungen ausgesetzt als hölzerne und dehnen sich auch durch die Wärme mehr aus, wodurch der Ruchen bald Risse nach allen Richtungen erhält. Holz leidet besonders von der Feuchtigkeit, namentlich in der Richtung senkrecht zu den Fasern, dagegen kann man dasselbe aber größten Theils schützen durch gehöriges Ausdörren und Bestreichen mit heißem Oelfirniß; es wirkt sich wohl bei dieser Be-

handlung etwas, wird aber dann nochmals mit dem Hobel gerichtet und wieder gestrichelt.

Die Harzmasse besteht hauptsächlich aus Schellack, dem man Terpentin und Wachs, Harz, Colophonium zc. beifügen soll. Allein, wenn man einerseits billig in Zweifel ziehen kann, ob denn wohl je die verschiedenen in den Schriften über Electricität angegebenen Mischungsverhältnisse wirklich ein Ergebniß vielfältiger Erfahrungen seien, so sind andererseits auch die Ingredienzien in sich widersprechend. Was sollen wohl Harz, Colophonium und Terpentin zugleich nützen, da doch Colophonium nur der von seinem Terpentinöl befreite Terpentin und dazu noch eine sehr spröde Substanz ist? Ohne Zweifel ist Schellack an sich die geeignetste Substanz, und sie bedarf daher nur eines Zusatzes, um sie weniger spröde zu machen. Dieser Zweck wird vollkommen erreicht durch eine Mischung von 5 Schellack, 1 Terpentin und 1 Wachs, und würde wahrscheinlich auch erreicht werden durch 5 Schellack und 1 Wachs, oder 5 bis 10 Schellack und 1 Terpentin. Gewiß ist, daß das obige Verhältniß eine gehörig feste, nicht spröde und sehr elektrische Masse giebt, ohne daß deswegen behauptet werden soll, sie sei die beste.

Zu dem Schmelzen nimmt man ein neues irdenes Geschirr oder auch eine messingene Pfanne, und setzt zuerst die leichtflüssigeren Bestandtheile, Terpentin und Wachs, über mäßigem, ringsum gleichem Feuer in Fluß; erst dann setzt man nach und nach unter Verstärkung des Feuers und fleißigem Umrühren das Schellack zu, wobei man immer erst abwartet, bis das schon Zugesezte wenigstens breiig weich geworden ist. Setzt man nämlich das Schellack zu schnell der Hitze aus, so verwandelt es sich leicht in eine fernerhin fast unschmelzbare Masse.

Vor dem Gusse muß die Form gehörig eben gestellt und etwas erwärmt werden, damit die Masse nicht zu schnell erkaltet. Die Form wird eben voll gegossen. Blasen werden dabei auf der Oberfläche nicht leicht vermieden, allein sie finden sich doch meist nur am Rande herum und werden dadurch unschädlich gemacht, daß man durch ein darüber gehaltenes glühendes Eisen dieselben schmilzt, wodurch ihr hervorstehender Theil verschwindet, und sie nur noch ein Grübchen mit nach Innen abgerundetem Rande bilden. Solche Stellen schaden nur dadurch, daß sie zur Wirkung des Elektrophors weniger beitragen, als wenn sie eine ebene Fläche bildeten. Statt die Blasen nieder zu schmelzen, kann man dieselben auch mit einem scharfen Instrumente eben schneiden, was obige Masse sehr gut verträgt.

Solche Elektrophore bekommen wegen der ungleichen Ausdehnung der Form und der Masse sehr bald Risse, und zwar die hölzernen parallel mit den Holzfasern, blecherne nach allen Richtungen. So lange diese Risse nicht gar zu zahlreich sind, vermindern sie wohl die Wirkung, machen aber das Instru-

ment nicht unbrauchbar. Wird indessen zuletzt die Wirkung zu schwach, so muß man die Masse umschmelzen, was durch ein etwas größeres glühendes Stück Eisen geschehen kann, welches in der Entfernung von etwa 1 Zoll über dem Ruchen herumgeführt wird. Ein zu einer Pflugschar bestimmtes Stück ist dazu sehr bequem. Sonst befestigt man auch ein Stück Eisenblech, das größer ist als die Form, in der gleichen Entfernung von 1 Zoll über dem Elektrophor und legt glühende Kohlen darauf; hierbei muß man sich aber namentlich vor der Asche hüten, welche die Fläche verunreinigt.

Bei dem Umschmelzen bilden sich häufig wieder frische Blasen, welche, wie schon angegeben, entfernt werden.

Diese Uebelstände lassen sich vermeiden, wenn man den Harzkuchen frei und ohne Form hat; beim Gebrauche wird er dann nur auf ein sehr ebenes Brett, das mit Stanniol überzogen ist, gelegt. Um solche Ruchen zu gießen, legt man nur eine Form mit Papier aus und gießt die Masse hinein. Beide Seiten derselben werden nachher mit Sand und Wasser auf einer Stein- oder Glasplatte eben geschliffen, wozu man zuletzt feineren Sand nimmt. Man kann dieselben, wenn man will, mittelst eines mit Filz bezogenen Brettchens mit Tripel und Wasser poliren, was aber für die Wirkung ganz unnöthig ist. Der Rand kann mit dem Messer und der Feile abgerundet werden. Die Blasen kann man hier wegschleifen, allein auch dieses ist überflüssige Arbeit, man nimmt die reinere Seite, welche beim Gusse unten war, beim Gebrauche als die obere. Nur dann, wenn man darauf sehen will, daß der Elektrophor, selbst bei ausliegendem Deckel, seine Elektrizität recht lange — viele Wochen lang — behalte, muß man auf vollkommenes Ebensein und möglichste Politur der Harzmasse hinarbeiten.

Bei der Aufbewahrung muß ein solcher Ruchen auf seinem Brette horizontal liegen bleiben, weil er sich in der Sommerwärme durch sein eigenes Gewicht biegen könnte.

Guttapercha als Elektrophormasse hat ihren Ruf nicht lange erhalten, sie wird bröckelig, das Guttapercha-Papier zerfällt in Fetzchen, und ein daraus gefertigter Elektrophor giebt schon vorher mit der Zeit immer weniger Elektrizität, ja unter Umständen sogar positive.

Was die Größe des Elektrophors betrifft, so muß man hierin mäßig sein. Er kann immer nur schwache Wirkung thun, und giebt namentlich beim Laden der Flaschen immer schlecht aus, wenn auch seine Schlagweite groß ist. Eine Elektrisirmaschine wird man daneben doch wohl haben, und darum wird ein Elektrophor von 10 bis 15 Zoll (3 bis 5 Decimeter) allen billigen Anforderungen entsprechen. Man kann aus einem dreißölligen mit nur zweißölligem Teller Fläschchen von einem halben Zoll Länge erhalten.

Der Deckel des Elektrophors erhält einen um etwa 2 bis 4 Zoll kleineren

Durchmesser als der Kuchen. Er wird entweder aus einer wohl geebneten Metallplatte (dieses Zink ist wohl am wohlfeilsten hierzu) gemacht, an welche ein aufwärts gekrümmter Rand gelöthet wird, oder aus einer hölzernen Scheibe von der Dicke eines halben Zolls, deren Rand wohl abgerundet und geglättet ist; das Holz muß gehörig trocken sein und wird mit Stanniol überzogen. Am einfachsten versteht man den Deckel mit drei seidenen Schnüren, um ihn isolirt von dem Kuchen abzuheben.

Um den Elektrophor elektrisch zu machen, peitscht man ihn mit einem Fuchsschwanz oder einem Katzenfelle, dessen vier Fußzippel man in die Hand nimmt und es bei jedem Schlage über den Kuchen wegführt; im Winter müssen jedoch Pelz und Elektrophor vor dem Gebrauche erwärmt werden, sonst müht man sich vergeblich ab, denselben elektrisch zu machen. Ob der Kuchen hinlänglich elektrisch ist, erkennt man daran, wenn er gegen den Knöchel kleine Funken giebt. Der Deckel wird sowohl beim Aufsetzen als beim Abheben mit dem Kuchen parallel gehalten und nach dem Aufsetzen mit der Hand berührt, wobei man einen kleinen Funken erhält. Berührt man aber Form und Deckel zugleich mit Daumen und Zeigefinger, so empfindet man einen elektrischen Schlag; Gleiches findet Statt, wenn man den einen Finger an die Form setzt und mit dem andern den Funken aus dem aufgehobenen Deckel empfängt.

Den jeweiligen elektrischen Zustand des Deckels kann man dadurch erkennen, daß man das Elektrometer der oberen Platte von Figur 552 darauf setzt, und mit der geriebenen Siegellackstange die Probe macht. Um die Elektricität der Form zu untersuchen, kann man dieselbe isoliren. Viel besser geht dieses aber mit dem Goldblattelektrometer von Fig. 504, wenn man statt des oberen Knopfes die Condensatorplatte (s. Seite 422) aufschraubt und einen kleinen Harzkuchen darauf legt, der einen um etwa einen Zoll größeren Durchmesser hat. Klopft man den Kuchen nur ganz leise mit einem Zipfel des Katzenfells, so divergiren die Goldblättchen, und man kann nun dadurch, daß man dem unteren Knopfe, welcher mit dem gebogenen Drahte verbunden ist, die geriebene Siegellackstange nähert, die Art der Elektricität erkennen. Als Deckel benützt man dann die zweite mit dem isolirenden Griffe versehene Condensatorplatte. Berührt man die Condensatorplatte, so fallen die Goldblätter zusammen, divergiren aber wieder, wenn man den Harzkuchen abhebt oder den Deckel aufsetzt. Berührt man die Platte nicht und setzt den Deckel auf, so fallen die Goldblätter zusammen. Den elektrischen Zustand des Deckels weist man dadurch nach, daß man seine Elektricität entweder durch das Probefleischchen, Fig. 512, auf ein zweites Elektrometer überträgt, oder ihn durch einen Draht, der durch eine Siegellackstange isolirt ist, mit diesem verbindet. Am bequemsten dient als zweites Elektrometer das von Bohnenberger.

Obwohl ein Elektrophor aus seinem Deckel leicht zolllange Funken giebt,

so ist die Quantität doch immer nur klein und es geht mit dem Laden selbst kleiner Flaschen ziemlich langsam. Indessen kann man die wesentlichen Erscheinungen der Elektricitätslehre doch alle mit diesem wohlfeilen Apparate zeigen. Hält man die geladene Flasche an das elektrische Glockenspiel, so kann man auch dieses in Bewegung setzen. Um eine Flasche negativ zu laden, hält man sie am Knopfe und läßt die Funken auf das äußere Belege gehen, wie bereits im §. 278 näher erörtert wurde.

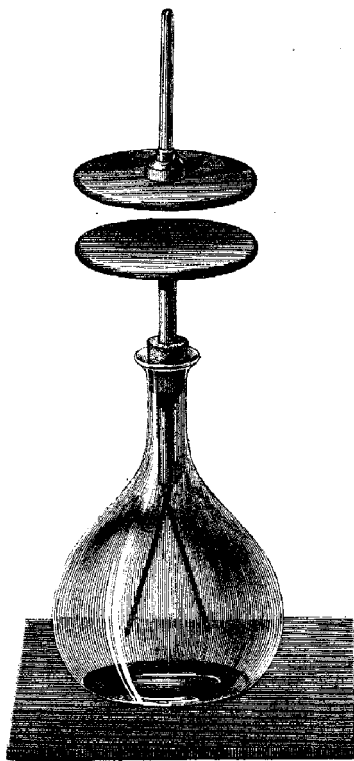
Lichtenbergische Figuren. Man bringt dieselben einfach auf 281 folgende Weise hervor. Mit dem Knopfe einer positiv oder negativ mäßig geladenen kleinen Flasche beschreibt man, indem man sie am äußeren Belege faßt, eine beliebige Figur auf dem Rücken eines Elektrophors und beutelt dann durch Flor Semen lycopodii darauf, wovon man das nicht Anhängende durch Blasen oder Fächern mit einem Blatt Papier wegstäubt. Die Figuren sind sehr haltbar; sie zeigen sich wieder, wenn man allen Staub weggewischt hat und frischen aufbeutelt. Anstatt Semen lycopodii kann man auch Schwefel aufbeuteln, beide Pulver hängen sich ziemlich gleich gut an positive und negative Figuren; streut man aber Mennige auf, so wird eine positive Figur eigentlich nur dadurch sichtbar, daß man von ihr den Staub wieder gut wegwischen kann, wodurch sie schwarz auf rothem Grunde erscheint. Zeichnet man positive und negative Figuren auf dieselbe Fläche und beutelt Mennige und Schwefelblumen vermischt auf, so hängen sich letztere vorzugsweise auf die positive Figur, während auf der negativen sich Mennige anhängt. Um positive und negative Figuren zu erhalten, braucht man nur eine Ladung; man schreibt nämlich zuerst mit dem Knopfe, setzt dann die Flasche auf einen kleinen Isolirschmel oder ein Glas, faßt sie nun am Knopfe und schreibt mit der äußeren Belegung.

Auf einer alten, lange gebrauchten Harzfläche gelingen übrigens diese Figuren nicht gut; man sollte sie wenigstens oberflächlich frisch anschmelzen. Will man aber nur kleine Figuren, so kann man sehr zweckmäßig die Harzmasse auf ein Blech schmelzen und durch gelindes Erwärmen desselben die Masse leicht und schnell umschmelzen, was am besten nach jedem Versuche geschieht. Die Harzschicht braucht nur ganz dünn zu sein, $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Linie ist dick genug, und man läßt am zweckmäßigsten etwas weniger reines, also nicht gar so sprödes Colophonium auf Schwarzblech zerfließen; übrigens gelingt der Versuch mit jedem Colophonium.

Der Condensator. Der Condensator ist ein unentbehrliches Werkzeug 282 und wird immer unmittelbar am Elektrometer angebracht. Am zweckmäßigsten ist es, ihn so einzurichten, daß man die eine Platte, die Basis, auf jedes der verschiedenen Elektrometer statt des Knopfes aufschrauben kann,

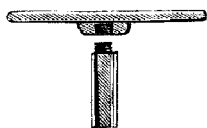
Fig. 582. Man nimmt dazu Messingplatten von einer Linie (3 Millimeter) Dide — dünnere biegen sich schon beim Bearbeiten zu leicht — und zwei Zoll

Fig. 582.



Durchmesser. Es ist sehr unzuweckmäßig, Platten von nur etwa 1 Zoll Breite anzuwenden, wie man sie so häufig auf den künstlichen Elektrometern findet, da die Wirkung hier rascher als die Größe der Fläche wächst. Nur bei galvanischen Versuchen findet man manchmal, daß ein größerer Condensator zu stark sei, und daß man auch noch kleinere Platten haben sollte. Auf die eine Platte wird eine Hülse gelöthet, um einen 3 bis 4 Zoll langen Glasstab einzufitten, wenn man nicht etwa geradezu eine Siegellackstange anwenden will; die andere erhält nur eine Verdopplung aufgelöthet, worin die auf alle Elektrometer passende Schraubenmutter geschnitten wird. Fig. 583 zeigt diese Platte nebst einem Stücke des Elektrometers. Die Platten werden eben abgedreht, und dann noch auf einer Spiegelplatte mit Smirgel

Fig. 583.



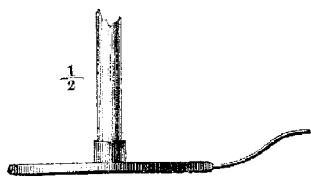
geschliffen; sind sie nicht gut gedreht, so kann man zuerst Goldsand nehmen; zuletzt schleift man sie mit feinem Bimssteinpulver und Wasser auf der Drehbank, wodurch sie wieder metallisches Ansehen gewinnen und runden Strich erhalten. Der Rand wird auf der Drehbank abgerundet. Wenn solche Condensatorplatten dünn sind, so sind sie nur schwer zu schleifen, weil sich der äußere Rand stets aufbiegt; solche Platten muß man daher für das Abdrehen und Schleifen auf ein Holzfutter kiten, welches mit ihnen von gleicher Größe ist; es dient beim Schleifen zugleich als Handhabe.

Vorzügliche Sorgfalt muß auf die Firnißschicht verwendet werden. Auf

der Drehbank geht das Firnissen ziemlich leicht, wenn man nur einen mäßig starken Ueberzug verlangt, der meistens genügt. Will man aber eine stärkere Firnißschicht, so verfährt man am zweckmäßigsten, wenn man die Platten nicht vorher erwärmt, denn auf warme Platten wird man nur schwer eine gleichmäßige Schicht von Firniß auftragen können; man legt die Platten eben und bestreicht sie mit mäßig concentrirter Schellacklösung, welche dabei Zeit gewinnt, sich von selbst gleichmäßig auf der Platte auszubreiten. Der Firniß nimmt nach dem Abtrocknen ebenfalls Glanz an. Man kann auf diesem Wege auch eine zweite Schicht auftragen, natürlich ohne dabei mit dem Pinsel die erste aufzureiben; ein feines Schwämmchen ist zum Firnissen überhaupt geeigneter als der Pinsel. Man muß den Firniß am Condensator nie gar zu dünn machen.

Will man auch den Rand und die obere Seite firnissen, so geschieht dieses vorher, und zwar wie gewöhnlich heiß auf der blanken Metallfläche. In diesem Falle muß aber in den Rand der Platte für Ab- und Zuleitung ein Draht mit abgerundetem freiem Ende eingeschraubt werden, welcher nicht gefirnißt wird, Fig. 584. Es ist dann bequem, wenn beide Platten solche Drähte erhalten;

Fig. 584.



sie brauchen nur 1 bis 2 Millimeter dick zu sein. Solche Drähte wären darum empfehlenswerth, weil man ihr Ende mit der Feile immer wieder rein metallisch machen kann, was mit dem Rande oder Rücken der Platten weniger der Fall ist, und doch beschmutzen sich dieselben bei der öfteren Berührung — oft

absichtlich mit feuchtem Finger — leicht, was dann sowohl der Wirkung als dem Ansehen nachtheilig ist; allein diese Drähte haben den Nachtheil, daß man an ihnen die Condensatorplatten so leicht verschiebt. Ein guter Condensator muß eine schwache Ladung bei gutem Wetter mindestens 12 Stunden lang halten.

Da man für galvanische Versuche auch Condensatorplatten von Kupfer und Zink braucht, so kann man sogleich die eine Platte aus Kupfer, die andere aus Zink machen und auch die Stäbchen aus diesen Metallen verfertigen, da für andere Versuche die Art der Metalle gleichgültig ist. In diesem Falle müssen aber dann beide Platten mit einer Schraubenmutter versehen werden. Als Griff verwendet man eine einerseits zugeschmolzene Glasröhre, in welche ein mit einer Schraube versehenes Drahtstück eingekittet wird. Man füllt dabei die ganze Glasröhre mit Siegelackstückchen, die man über der Weingeislampe zerlaufen läßt, so daß die Röhre innen mit Siegelack ganz überzogen ist.

Beim Abheben der oberen Platte muß man darauf sehen, daß dieses in mit der unteren paralleler Lage geschieht.

Daß man beim Laden der einen Platte die andere ableitend berühren müsse, versteht sich wohl von selbst. Einzelne Vorsichtsmaßregeln werden bei den Versuchen mit galvanischer Elektricität vorkommen.

Wenn die Firnißschicht eines Condensators elektrisch geworden ist, so bleibt dieselbe oft Tagelang in diesem Zustande und veranlaßt arge Täuschungen. Man kommt in solchem Falle beinahe am kürzesten weg, wenn man dieselbe einige Mal in einiger Entfernung über der Flamme einer messingenen Wein- geistlampe wegführt, oder, sobald dieses nichts helfen sollte, wenn man geradezu den Firniß mit Weingeist abwäscht und ihn neu aufträgt, vorausgesetzt, daß man den Condensator sogleich gebrauchen will; mit der Zeit verliert sich der Uebelstand freilich von selbst. Ob der Condensator schon Ladung irgend einer Art hat, bemerkt man daran, daß das Elektrometer Elektricität zeigt, wenn man den Deckel ableitend berührt und ihn dann wieder abhebt. Man darf bei der Anwendung des Condensators nie versäumen, diese Probe vorher zu machen.

Wenn man mit sehr schwacher Elektricität zu thun hat, muß man manchmal zwei Condensatoren anwenden, indem man zuerst den einen durch die Elektricitätsquelle ladet, dann seine Platten trennt, mit der oberen die obere oder untere des zweiten auf dem Elektrometer befindlichen Condensators berührt und dieses 6 bis 10 Mal wiederholt. Als Stativ für den ersten Condensator kann man dann irgend ein anderes weniger empfindliches Elektrometer benutzen. Die älteren sogenannten Duplicatoren sind nicht mehr im Gebrauche.

C. Versuche über das elektrische Licht und die Elektricität durch Druck und Wärme.

283 Versuche im Dunkeln. 1) Die Blitzröhre. Auf eine Glasröhre von einem halben oder ganzen Zoll Durchmesser paßt man einerseits einen halbkugelförmig endenden Holzpfropf, der mit Stanniol überzogen wird, und von da aus werden in einer weiten Spirale, deren Gänge an zwei Zoll Abstand haben, kleine, rautenförmige Stücker Stanniol aufgeklebt, deren Spitzen gegen einander gefehrt sind und um $\frac{1}{2}$ bis 1 Millimeter von einander abstehen; die große Diagonale dieser Stücker hat gewöhnlich nur 3 bis 5 Millimeter Länge, Fig. 585. Die Röhre wird mit der Hand gefaßt und dem Conductor so weit genähert, daß reichliche volle Funken auf den Knopf derselben überspringen, die sich dann auf allen Unterbrechungen der Spirale wiederholen. Um das zufällige Abstreifen der Stanniolstücker zu verhüten, pflegt man manchmal die Röhre in eine zweite hineinstecken und erst in diese Knopf und Griff zu befestigen.

2) Der leuchtende Name. Auf eine Glastafel setzt man mittelst eines Einschnittes eine kleine hölzerne mit Stanniol überzogene Kugel und von ihr aus rautenförmige Stüchchen Stanniol in einem beliebigen Namenszuge, oder in einer anderen beliebigen Figur. Soll an einer Stelle

Fig. 585.

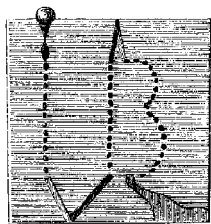


Fig. 586.

kein Leuchten stattfinden, so wird hier ein ganzer Stanniolstreifen aufgeklebt; einen ähnlichen Streifen führt man von dem Ende der Figur an das dem Knopfe gegenüberliegende Ende der Tafel, wo sie mit der Hand gehalten wird. Da aber der Funke auf der Tafel selbst ziemlich große Zwischenräume überspringt, um auf dem kürzesten Wege zur Hand zu gelangen, so muß man eine weitläufige Figur wählen, und einen Theil der Leitung auf der unteren Fläche des Glases anbringen. Fig. 586 zeigt ein Muster einer solchen Tafel, bei welcher die stark schattirten Theile auf der unteren Fläche angebracht sind. Beim Gebrauche hält man die Tafel an dem Ende der Leitung und läßt vom Conductor der Elektrisirmaschine kleine Funken auf die Kugel überspringen.

3) Die Blitztafel. Man belegt eine beliebig große Tafel von Fensterglas auf beiden Seiten bis auf einen Abstand von etwa 2 Zoll vom Rande mit Stanniol und schwärzt die eine Belegung mit Tusche.

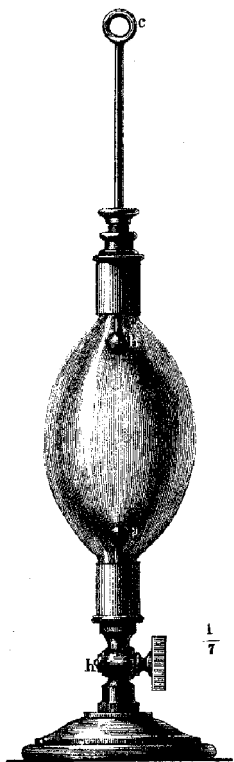
Diese Belegung wird, nachdem sie gehörig auf dem Glase angetrocknet ist, in rautenförmige Stüchchen von etwa 2 Linien Seite zerschnitten, indem man Stanniolstreifen von $\frac{1}{4}$ Linie Breite ausschneidet. Die Schnitte werden mit dem Federmesser an dem Lineal geführt und die ausgeschnittenen Streifen herausgeschält. Auf die Mitte dieser Seite befestigt man mit Siegelack ein kleines rundes Blech mit einem Ringe. Die Tafel wird auf einen Tisch gelegt, der Conductor der Maschine mit dem Ringe und der einfache Auslader mit dem unteren unzerschnittenen Belege verbunden. Während des Ladens der Tafel springen dann von der Mitte aus geschlängelte Funken über die zerschnittene Fläche, und wenn man den Auslader dem Conductor nähert und die Tafel entladet, erscheint dieselbe ganz mit Blitzen bedeckt, die alle in geschlängelter Richtung nach der Mitte gehen.

Gewöhnlich läßt man die Blitztafel in einen mattschwarzen Holzrahmen fassen, und überzieht auch den unbelegten Rand auf der Rückseite mit schwarzem Papier. Ein Stanniolstreifen wird dann von der hinteren Belegung unter der Rückwand der Tafel hervorgeführt bis auf die hintere Seite des Rahmens, wo man eine Drahtstange einschlägt, um die Kette des Ausladers bequem befestigen zu können.

4) Büschel. Um die Erscheinung der Lichtbüschel am positiven oder der Sterne am negativen Conductor zu beobachten, muß der Conductor sich in eine kleine Kugelfläche von nur 2 bis 3 Linien Durchmesser enden, der man dann entweder die Hand oder eine größere ebene Metallfläche nähert. Statt der kleinen Kugel kann man auch successive dünnere an ihrem Ende halbkugelförmige Drähte in den Conductor stecken. Auch umgekehrt erhält man die Büschel, jedoch mit einiger Abänderung, wenn man nämlich die kleine Kugel oder den Draht in die Hand nimmt und dieselbe der großen Conductorkugel nähert. Diese Erscheinungen zeigen sich nur schön bei Maschinen von größerer Schlagweite, und je kleiner diese ist, desto feiner muß der angewendete Draht sein, wenn man noch etwas von Büscheln wahrnehmen soll.

5) Versuche im luftverdünnten Raume. Der einfachste Versuch der Art wird mit der früher angeführten Röhre für den Fall im leeren Raume ausgeführt. Man braucht dieselbe nur in der Hand gegen den

Fig. 587.



Conductor zu halten und Funken übergehen zu lassen; sie durchziehen mit bläulichem Lichte die ganze Röhre. Bei sehr schwachen Maschinen muß man aber hierbei die Röhre näher an der dem Conductor zugekehrten Fassung halten, wo dann die Lichtströme natürlich nur bis zur gehaltenen Stelle reichen.

Der Versuch kann auch so abgeändert werden, daß man auf den Teller der Luftpumpe eine metallene mit dem Körper der Luftpumpe leitend verbundene Platte legt und die Glocke mit der Stopfblicke aufsetzt. Man kann an den Stiel der letzteren Sterne, Kugeln u. dgl. anschrauben, um dadurch die Gestalt der durch die Glocke ziehenden Lichtströme mannigfach abzuändern. Bei diesem Versuche muß man aber darauf sehen, daß erstens das Glas der Glocke nicht leite, und zweitens muß man dieselbe vor jedesmaligem Gebrauche erwärmen und mit warmem Fließpapier abreiben, weil sie sonst durch anhaftende Feuchtigkeit leitet. Sehr zweckmäßig ist es, ein Schälchen mit einem Stückchen Chlorcalcium unter eine solche Glocke zu stellen. Auch ein Glasgefäß, wie Fig. 587, giebt eine sehr schöne Erscheinung.

6) Wenn man zwischen die Conductoren des Henley'schen Ausladers auf das Tischchen desselben ein Stück Flußspath legt und einen kräftigen Schlag darüber leitet, so sieht man auf dem Flußspathe im Dunkeln einen schwach leuchtenden Streifen, der aber schon nach wenigen Secunden wieder erlischt. Wird statt Flußspath ein Stückchen weißen Zuckers genommen, so daß die Conductoren $\frac{1}{2}$ bis 1 Zoll Abstand haben, so wird dasselbe in ziemlicher Ausdehnung leuchtend; es erlischt aber auch dieses Licht nach ein paar Secunden.

Elektricität des Turmalins. Man kann die elektrischen Eigenschaften des Turmalins sehr einfach nachweisen, wenn man ein Stückchen desselben, das, wenn auch sehr dünn, doch etwa einen Zoll lang ist, in der Mitte an einem dünnen Seidenfaden aufhängt und dann durch ein in einer Entfernung von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll darunter gehaltenes heißes Eisenblech erwärmt. Das Eisenblech selbst wird durch eine darunter gesetzte Weingeistlampe erhitzt. Mittelft einer an ihrem Ende geriebenen Siegellackstange kann man die Natur der Elektricität sehr leicht nachweisen. Sehr oft zeigt sich dabei der elektrische Zustand, der aufsteigenden Luftströme wegen, weniger auffallend während des Erwärmens; allein beim Erkalten ist die Erscheinung immer eine sehr entschiedene und deutliche; die Einwirkung der Siegellackstange zeigt sich schon in ziemlicher Entfernung. Obwohl noch viele andere Krystalle die Eigenschaft besitzen, durch Erwärmen elektrisch zu werden, so ist die Erscheinung doch bei keinem so leicht nachzuweisen, wie beim Turmalin.

Elektricität der Kalkspathe. Der Kalkspath wird durch einen einige Secunden lang fortgesetzten Druck zwischen den Fingern positiv elektrisch und behält diese Elektricität sehr lange. Man zeigt dieses am einfachsten so, daß man ein Blechstreifen von etwa einer halben Linie Breite, wie *abc*,

Fig. 588.

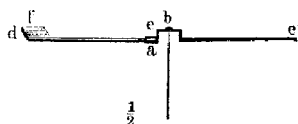


Fig. 588, biegt und bei *b* mit der Kernspitze eine kleine Vertiefung einschlägt. Bei *a* kittet man einen Schellackfaden *de* an, der etwa die Dicke eines dünnen Bindfadens hat; auf das Ende dieses Fadens kittet man mit etwas Klebwachs ein kleines Stückchen Kalk-

spath und setzt den Apparat mit der Vertiefung bei *b* auf das Stativchen, Fig. 496. Das Gleichgewicht kann durch ein wenig bei *c* angebrachtes Klebwachs leicht hergestellt werden, wenn man etwa zu viel von dem Bleche weggeschritten hätte. Man drückt den Kalkspath, bevor man ihn auf die Spitze setzt, zwischen den Fingern, worauf er von einer geriebenen Glasstange lebhaft abgestoßen wird. Manche Kalkspathstücke gehen übrigens nicht so lebhaft als andere, besonders wenn sie nicht spiegelglatte Spaltflächen haben. Auch darf man eine stark elek-

trische Glasstange nicht nahe bringen, weil sonst die Wirkung der Vertheilung stärker ist, als die Electricität des Kalkspaths. Auf ähnliche Weise kann man auch mit anderen Krystallen verfahren.

D. Versuche über Electricität durch Berührung und die Wirkung der galvanischen Säule.

286 Der Froschversuch. Man schneidet mit einer guten Scheere oder mit einem Messer einen Frosch, nachdem er durch einen Schlag auf den Kopf wenigstens betäubt wurde, mitten entzwei, entfernt mit der Scheere die Reste der Eingeweide von der hinteren Hälfte und streift die Haut ab; die von dem unteren Ende der Wirbelsäule heranstretenden Nervenfasern zeigen sich sehr deutlich und werden nun mit einem scharfen Federmesser noch von dem umgebenden Zellgewebe befreit. Unter die Nerven schiebt man dann ein rein gemachtes Streifchen von Messingblech und legt das Präparat auf eine Glascheibe; die Zuckungen erfolgen, so oft man das erwähnte Blech und die Schenkelmuskeln mit einem gebogenen Eisendraht oder Zinkstreifen berührt. Man kann auch einen messingenen Haken unter den Nerven durchschieben und das Präparat — am besten an einem Seidenfaden — aufhängen.

287 Die Fundamentalversuche. Zu diesen Versuchen muß man zwei Platten, die eine aus Kupfer, die andere aus Zink, und eine aus Kupfer und Zink zusammengelöthete Platte haben. Was nun die ersteren Platten betrifft, so müssen dieselben aus liniendickem Blech gefertigt werden. Zinkblech der Art wird man wohl haben, man bedarf desselben zur Anfertigung der verschiedenen galvanischen Apparate so oft, daß man wohl einige Quadratzuß desselben von Zeit zu Zeit anschaffen muß; im Handel kommt es allerdings gewöhnlich nicht von dieser Stärke vor und man muß es daher besonders bestellen. Auch das Kupferblech findet man selten im Handel so stark, doch ist es mitunter der Fall; zu elektrischen Apparaten bedarf man sonst ebenfalls keines so dicken Bleches; allein man kann ein Stückchen des im Handel vorkommenden Stangenkupfers leicht in die erforderliche Stärke aus schmieden und eine Zinkscheibe gießen lassen. Zweckmäßig ist es, diese Platten gerade von demselben Durchmesser zu machen, wie die Platten des Condensators; sie können dann selbst als Condensatordeckel gebraucht werden, wenn die andere Platte gut gefirnisset ist; am besten und nicht viel mehr Arbeit machend, giebt man ihnen von der Rückseite eine kleine Verstärkung, Fig. 589, in welche dasselbe Gewinde kommt, wie es sämtliche Elektrometer haben; sie wird mit Zinn angelöthet. Diese Platten müssen mit isolirenden Handgriffen versehen sein; sollen sie nicht auf die Elektrometer geschraubt

werden, so kann man sich einfach zweier Siegellackstangen bedienen. Die Platten werden so weit erhitzt, bis die Siegellackstangen bei ihrer Berührung auf den

Fig. 589.



Platten aufschmelzen. Sauberer wird die Arbeit, wenn man rückwärts eine Hülse auslöthet, in welche dann eine gut isolirende, einerseits zugeschmolzene Glasröhre eingefittet wird, Fig. 590. Sind die

Platten zum Aufschrauben gerichtet, so wird in die einerseits gut eben geschliffene Glasröhre ein Messingdraht eingefittet, der die Schraube hat, welche in die Platte paßt. Wenn man die Glasröhre nach dem Einfitten des Drahtes wieder bis zum Weichwerden des Kittes erwärmt und dann einschraubt, so wird sich

Fig. 590.

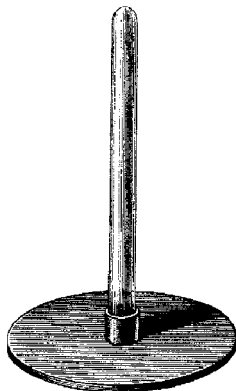


Fig. 591.



die Schraube schon von selbst in die gehörige Stellung ziehen, wo man sie dann erkalten läßt; man kann die Glasröhre in eine besondere, mit der Schraube versehene Fassung einfitten, wie Fig. 591 zeigt, wodurch der Apparat eleganter wird; doch macht dieses unnöthig mehr Arbeit.

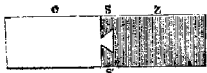
Die Platten selbst erhalten einen gut abgerundeten Rand und werden zuerst mit der Feile auf der einen Fläche unter Vergleichung mit einem Lineal möglichst eben gerichtet und zuletzt auf einer Spiegelplatte (es ist dieses bei so kleinen Dimensionen

und zweierlei Material sicherer als das Aufeinandererschleifen beider Platten) geschliffen. Das Auslöthen auf der Rückseite muß jedenfalls vor dem Schleifen geschehen, weil sich die Platten dabei ziehen könnten; auch hier, wie bei den Condensatorplatten, ist es am besten, wenn die Platten beim Schleifen auf ein gleich großes Holzfutter gefittet sind, damit sich ihr Rand nicht ausbiegen kann. Die Rückseite wird zuletzt ebenfalls verputzt und gefirnisset. Macht man die Platte auf der Drehbank, so wird die Rückseite ebenfalls zuletzt bearbeitet und dann gleich auf der Drehbank gefirnisset. Zink läßt sich auf der Drehbank leicht bearbeiten; mit Kupfer aber wird man ohne sogenannten Support fix nur mit der Feile unter Befeuchtung mit Del auf der Drehbank eine ebene Fläche zu Stande bringen. Die geschliffene Seite muß beim Gebrauche frisch metallisch sein, sowie der Rand. Die Fundamentalversuche gehören sonst zu jenen, welche sehr leicht mißlingen; allein der Grund davon liegt vorzüglich darin, daß die Berührungsflächen entweder nicht eben oder nicht frisch metallisch sind. Letzteres kann immer dadurch wieder hergestellt werden, daß man Bimsstein in

einer porcellanen Reibschale fein pulvert und dann jede der Platten auf reinem Papiere mit ebener Unterlage mit solchem Pulver reibt; das an der Platte hängenbleibende Pulver wird mit einer Federfahne entfernt. Wenn man die Platten auch in Papier eingewickelt aufbewahrt, so verlieren sie doch ihre reine Oberfläche wieder, und es ist sehr zweckmäßig, sie vor dem jedesmaligen Gebrauche mit Bimssteinpulver zu reiben. Beim Gebrauche dürfen sie durchaus nicht auf einander gerieben werden, weil dabei namentlich die Kupferplatte gleich Zink annimmt, was den Erfolg stört. Wenn man übrigens kein besonderes Vezzimmer hat, und mit dem Apparate, namentlich im Winter, in ein von einem zahlreichen Auditorium vielleicht schon seit mehreren Stunden besetztes Zimmer kommt, so mißgücken solche Versuche, wie überhaupt Condensatorversuche leicht, und man muß sich damit versehen. Die Kupferplatte kann vergoldet werden und bedarf dann nur eines leichten Abreibens mit Leder, auf welchem Polirroth eingerieben ist.

Die aus Zink und Kupfer zusammengelöthete Platte erhält die Form wie Fig. 592, sie wird jedesmal vor dem Gebrauche mit der Feile oder dem Schabstahl

Fig. 592.



an einer Stelle des Randes frisch metallisch gemacht.

Die Versuche selbst können auf mancherlei Weise abgeändert werden, deren hauptsächlichste nun beschrieben werden sollen.

1) Man legt die isolirten Zink- und Kupferplatten an einander, und trennt sie dann wieder so, daß sie sich parallel von einander entfernen. Die eine derselben bringt man an den Zuleitungsdraht der Basis des Condensators, während man dessen Deckel ableitend berührt, die andere Platte wird durch Berührung ebenfalls entladen und darauf beide wieder an einander gehalten u. s. f. Bei der jedesmaligen Trennung bemerkt man einige Adhäsion, wenn die Platten gut sind. Nach 5- bis 20maliger Wiederholung dieses Verfahrens hebt man den Deckel des Condensators ab und das Elektrometer wird die ihm mitgetheilte Elektrizität anzeigen. Um Täuschungen durch die Elektrizität des menschlichen Körpers zu verhüten, kann man an den hervorstehenden Draht des Deckels einen Draht vom gleichen Metalle zur Ableitung aufhängen und diesen nach der Ladung mit einem Glasstäbchen wegschieben. Berührt man den Condensator mit der Kupferplatte, so kann dieser schon von Messing sein, allein für die Anwendung der Zinkplatte sollte die Basis, sowie ihr Zuleitungsdraht, ebenfalls von Zink sein. Da es bequemer ist, den Deckel zu wechseln als die Basis, so kann man sich einen Deckel von Zink machen, und diesem die Elektrizität der Zinkplatte mittheilen, nur zeigt dann das Elektrometer beim Abheben des Deckels die entgegengesetzte Elektrizität.

Haben die Platten zwei Zoll und darüber Durchmesser, so bedarf man bei einem Goldblattelektrometer keines Condensators; die Blättchen divergiren auch ohne diesen, wenn man die Berührung ein paar Mal wiederholt, immer merk-

sicher. Besonders leicht erreicht man dieses mit solchen größeren Platten an dem Elektrometer von Andriessen, indem man hier den zu dem Goldblättchen führenden Knopf mit der einen und den zum gebogenen Drahte führenden mit der anderen Platte berührt. Bei einem empfindlichen Vohneberger'schen Elektrometer reicht auch eine einmalige Berührung aus. Dieses führt zur zweiten Art, den Versuch anzustellen; das Gleiche ist der Fall mit dem Dellmann'schen Elektrometer, Fig. 506. Besteht der Condensator selbst aus Kupfer- und Zinkplatten, so berührt man Basis und Deckel des Condensators jeden mit dem gleichnamigen Metalle und wiederholt dieses einige Male, ohne weder den Condensator noch die erregenden Platten mit den Fingern zu berühren. Der Versuch giebt so das unzweideutige Resultat und gelingt, wenngleich weniger sicher, selbst mit messingnem Condensator.

2) Man schraubt die eine der Platten selbst auf das Elektrometer und legt die andere darauf. So oft die obere Platte isolirt abgehoben wird, zeigt das Elektrometer die Electricität der unteren Platte an. Dieser Versuch dient zugleich zur Erläuterung über den Zustand, in welchem sich die Electricität befindet, während beide Platten in Berührung sind; er erfordert aber mindestens Platten von 2 bis 3 Zoll Durchmesser.

Dieser Versuch erfordert zugleich auch ein sehr empfindliches Elektrometer, und dürfte schwerlich mit einem einfachen Goldblatt-Elektrometer gelingen, während der vorige, eben weil bei ihm eine zweimalige Condensation stattfindet, viel leichter geht, und überhaupt die sichersten und deutlichsten Resultate giebt. Wenn man aber das Goldblatt-Elektrometer mit dem Vertheilungsdrahte anwendet (Fig. 504), und diesem Electricität mittheilt, so daß in Folge der Vertheilung die Goldblättchen divergiren, sodann, nachdem die aufgeschraubte Erregerplatte ableitend berührt wurde, die zweite Platte aufsetzt und wieder abhebt, wird die vermehrte oder verminderte Divergenz der Goldblättchen die Electricität anzeigen. Bei dem Dellmann'schen Elektrometer theilt man dem Zuleiter zuerst etwas Electricität mit, nachdem beide Platten aufgesetzt sind, so daß die Nadel nur wenig abgestoßen wird. Hebt man dann die eine Platte ab, so vermindert oder vermehrt sich die Abstoßung, je nach der Art der mitgetheilten Electricität und der aufgeschraubten Platte. Besser geht der Versuch, wenn das Elektrometer ebenfalls einen Vertheilungsdraht hat. Am einfachsten aber ist für diesen Zweck ein empfindliches Elektrometer mit Samboni'schen Säulen. Bei diesem schraubt man ohne alle weitere Vorbereitung die eine Platte auf und macht den Versuch.

3) Man berührt den messingnen Theil des Condensators mit Messing oder Kupfer, das man in der Hand hält, oder man berührt den aus Zink gefertigten Theil des Condensators mit einem in der Hand gehaltenen Stücke Zink, während man die andere Seite des Condensators mit der anderen Hand ableitend berührt.

War der Condensator vorher gehörig entladen, so zeigt er auch nach dieser Verührung keine Elektricität. Berührt man aber einen messingenen Theil des Condensators mit Zink oder einen zinkenen Theil mit Kupfer oder Messing, so wird man Elektricität erhalten. Auch hierzu ist ein empfindliches Elektrometer nöthig; auch können durch die Verührung mit den Händen Störungen entstehen.

- 4) Man berührt entweder den Deckel oder die Basis des Condensators Fig. 593.



mit dem einen Ende der zusammengelötheten Platte, Fig. 593, während man das andere in der einen Hand hält und mit der anderen den Condensator ableitend berührt. Hat man das Zinkende in der Hand, so muß der berührte Theil des Condensators ebenfalls von Kupfer oder doch von Messing sein, und umgekehrt, muß dieser Theil von Zink sein, wenn man mit dem Zinkende der zusammengelötheten Platte berührt, diese also an dem Kupfer hält. Die Verührung braucht nicht lange fortgesetzt zu werden, nur müssen die berührenden Stellen rein sein. Da aber bei diesem und dem vorhergehenden Versuche nur einmalige Condensation stattfindet, so ist die Wirkung geringer als bei No. 1 und nur etwa wie bei No. 2. Will man stärkere Wirkung, so müssen zwei Condensatoren angewendet werden (siehe „Condensator“).

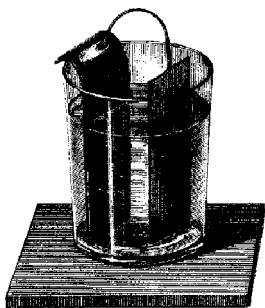
5) Die beiden zu dem zweiten Versuche verwendeten Platten können auch zu einigen Versuchen mit Flüssigkeiten dienen, wenn man sie mit einer etwas breiten, sehr dünnen Platte aus Spiegelglas (Birmingham Glas) belegt und auf dieser die Flüssigkeit ausbreitet, oder eine damit befeuchtete Fließpapiercheibe darauf legt, welche nur so groß ist als die untere Platte. Ist die untere Platte Zink, so verbindet man dann diese mit der Flüssigkeit auf einige Augenblicke durch einen passend gebogenen, jedesmal frisch mit dem Schaber gereinigten Zinkstreifen, den man mittelst zweier isolirender Handhaben aus Siegelack wie eine Klemme öffnet und schließt; hebt man nachher die Glasplatte an ihrem hervorstehenden Rande ab, so zeigt das Elektrometer die negative Elektricität des Zinks, wenn die Flüssigkeit reines oder angesäuertes Wasser war. Doch geht dieser Versuch nur dann sicher, wenn man zwei Condensatoren anwendet und durch das eben beschriebene Verfahren den zweiten mittelst des ersten ladet, wobei dann der zweite messingene Platten haben kann.

Zu bemerken ist schließlich noch, daß diese Versuche alle nur bei günstiger trockener Witterung sichere Resultate geben, eine Bedingung, die übrigens für alle Versuche über elektrische Spannung gleichmäßig erfüllt sein muß, wenn der Erfolg sicher sein soll, namentlich aber, wenn man es mit nur schwacher Elektricität zu thun hat, wie hier.

288 Um nachzuweisen, daß auch durch die Verührung zwischen Flüssigkeiten und Metallen Elektricität frei wird, kann man übrigens auch die chemische und

magnetische Wirkung der elektrischen Ströme benutzen, indem man dieselbe hier anticipirt. Der Versuch wird so angestellt, daß man in ein gewöhnliches Trinkglas verdünnte Salpetersäure mit etwas Schwefelsäure mischt und ein oberhalb umgebogenes amalgamirtes Zinkblech hineinstellt, auf dessen umgebogenen Theil

Fig. 594.



ein mit Jodkaliumlösung getränktes zusammengelegtes Fließpapier gelegt wird; taucht man nun ein Platinblech mit angelöthetem Platindrahte ebenfalls in die Säure und krümmt den Platindraht auf das Fließpapier, wie in Fig. 594, so erscheint sogleich auf dem Papiere ein brauner Fleck in Folge des ausgeschiedenen Jods. Leitet man den Strom vom Platin vorher durch einen Multiplikator, so zeigt die gleichzeitig mit der Berührung des Papiers erfolgende Abweichung der Nadel auch den vorhandenen elektrischen Strom an.

Drahtleitungen. Für die Versuche mit den galvanischen Strömen 289 ist es beinahe nothwendig, daß man die erregenden Apparate in einem anderen Raume hat, als jene, wo die eigentlichen Versuche gemacht werden, da die Ausdünstung der Säuren den Menschen mindestens sehr lästig und den übrigen Apparaten schädlich werden. Es ist daher am zweckmäßigsten, wenn man durch den ganzen Raum, welchen man zur Verfügung hat, an der Decke zwei starke Kupferdrähte führt, von welchen an allen passenden Stellen angelöthete, mit Klemmschrauben versehene Drähte an den Wänden herabgehen. Wo solche Drähte durch Mauerwerk gehen, läßt man den einen durch eine Glasröhre laufen, damit man sicher ist, daß sie einander nicht berühren; muß der Abzweigung wegen ein Draht einen andern kreuzen, so umwickelt man den einen mit Seidenzeug und schiebt noch ein Holzstückchen dazwischen. Es ist sehr bequem, wenn einer der Drähte nebst allen seinen Abzweigungen deutlich von dem andern unterschieden ist, damit man das positive Ende sogleich vom negativen unterscheiden kann. Am besten ist es, den einen Draht mit Seidenzeug zu umwickeln, oder mit Wolle zu überspinnen und ihn dann stark mit Schellack zu firnissen; man kann dann die Drähte auch dicht neben einander legen, was wenigstens bei Abzweigungen, welche zu Meßapparaten führen, noch besonderen Vortheil gewährt, indem die Wirkungen der beiden entgegengesetzten Ströme sich compensiren.

Die galvanische Säule. Für den eigentlichen Gebrauch ist die Form 290 der Säule bei galvanischen Apparaten längst antiquirt; sie ist aber ein stehender

Artikel in allen Lehrbüchern, und sowohl in theoretischer als in historischer Beziehung wichtig, und kann daher bei einem physikalischen Apparate noch nicht entbehrt werden; um so weniger, als man sich andere kräftigere Apparate gewöhnlich nicht mit so zahlreichen Elementen anschafft, wodurch die Spannungsercheinungen an ihnen weniger hervortreten als an der Säule. Man wird jedoch bei der Anschaffung einer Säule aus diesen Gründen sich auf kleine Platten beschränken können und auch bei der Zahl der Paare nicht über 50 bis 100 hinausgehen.

Die einzelnen Platten werden mit der Scheere aus etwa millimeterdicke Kupferbleche ausgeschnitten, mit dem Hammer eben gerichtet und mit der Feile vollends kreisrund gemacht; ebenso verfährt man mit den Zinkplatten. Letztere müssen aber aus etwa liniendicken Bleche gemacht werden, weil sie sich sowohl durch die Wirksamkeit der Säule als durch das öftere Putzen stärker abnutzen als die Kupferplatten. Zinkblech von dieser Dicke ist aber nicht mehr so mit der Blechscheere zu schneiden, wie das erwähnte Kupferblech; man verfährt daher am besten so, daß man das erforderliche Zinkblech in Quadrate eintheilt, deren jedes etwa eine Linie mehr Seite hat, als die Platten Durchmesser bekommen sollen. Die Theilungslinien werden mit einem Schabstahle (den man aus jeder abgenutzten dreieckigen Feile zuschleifen kann, wenn diese nur ehemals gut war) scharf ausgezogen. Man bringt sodann an den Anfang einer solchen Linie einen Tropfen Quecksilber und fährt mit einem spitzig zugeschnittenen in Salzsäure getauchten Hölzchen von dem Tropfen an die Linie langsam aus; das Quecksilber läuft dem Hölzchen leicht nach, amalgamirt das Zink und dieses wird auf der Theilungslinie dadurch so mürbe, daß man es nach einiger Zeit leicht brechen kann. Da man öfter in den Fall kommt, dieses Zinkblech zu schneiden, so ist dieses Verfahren sehr bequem. Die noch übrige Abrundung der Platten wird leicht ausgeführt, wenn man die Ecken zuerst mit dem Meißel abhaut und dann eine grobe, etwas weit aufgehaute Feile, wie man sie für Kupfer hat, anwendet.

Kupfer- und Zinkplatten müssen nun zusammengelöthet werden, da dieses sowohl für die Wirkung viel vortheilhafter ist als das bloße Aufeinanderlegen, als auch beim Putzen fast die halbe Arbeit erspart. Die Löthung muß aber durchweg geschehen und nicht bloß rings am Rande herum. Man kann dieses leicht selber thun. Die Platten werden zu dem Ende mit der Feile und dem Schabstahle einerseits gereinigt, dann mit Colophonium bestreut oder mit Salmiakwasser oder Löthwasser (S. 42) bestrichen, dann erwärmt, und wenn ein Stückchen gewöhnliches Klempnerloth darauf fließt, dieses mit dem Löthkolben oder auch mit einem Stückchen Messingdraht auf der Platte herum vertheilt. Man kann dabei immer 3 bis 6 solcher Platten auf einem Eisenbleche zugleich erhitzen, wobei man aber die Kupferplatten besonders behandelt, da diese etwas mehr Hitze er-

fordern. Sind auf diese Weise alle Platten verzinnt, so legt man ein Paar nach dem anderen, nachdem etwas Colophonium aufgestreut ist, in gehöriger Lage zwischen eine kleine Zange (am besten eine kleine Schmiedezange, die man ja auch sonst braucht), drückt sie und hält sie über das Feuer, bis das Loth fließt, was schnell erfolgt, und wobei alles überflüssige Loth ausgebrückt wird. Zuletzt werden die Platten noch am Rande herum mit der Feile verputzt.

An einige der Paare löthet man am Rande kurze Kupferdrähte an, oder läßt an einigen Kupfer- oder Zinkplatten kleine Ohren stehen; diese Paare werden beim Aufbauen in der Säule vertheilt, um bequem an verschiedenen Stellen derselben mittelst Klemmschrauben — wovon ein folgender Artikel das Nähere enthält — Leitungsdrähte anbringen zu können.

Als feuchter Zwischenleiter nimmt man Salmiak- oder Kochsalzlösung, oder auf $\frac{1}{20}$ verdünnte englische Schwefelsäure, und als Träger dieser Flüssigkeiten Scheiben von Wollentuch oder Pappe, deren Durchmesser um etwa 2 Linien kleiner ist als jener der Scheiben. Mit Pappe erhält man im Allgemeinen bessere Wirkung, da sie feuchter angewendet werden kann, weil sie sich nicht so sehr zusammendrücken läßt als Wollentuch, und folglich die Flüssigkeit nicht so leicht aus ihr herausquillt. Letzteres darf überhaupt nicht in dem Grade stattfinden, daß die Flüssigkeit äußerlich an der Säule herabträufelt, und wenn man bemerkt, daß es irgendwo dahin kommen will, so entfernt man das Ueberflüssige durch Fließpapier. Man muß daher die Scheiben, nachdem sie von der Flüssigkeit durchdrungen sind, was bei Pappe etwa eine Stunde erfordert, soweit auspressen, daß der Druck der oberen Platten keine Flüssigkeit mehr auspressen kann; die oberen Scheiben können also feuchter angewendet werden als die unteren.

Tuschscheiben kann man nach einem Blechmuster mit der Scheere ausschneiden, für Pappscheiben muß man wohl um so eher einen Durchschlag haben, als dieselben nach mehrmaligem Gebrauche durch die Säuren so mürbe gemacht werden, daß sie zerfallen. Tuschscheiben sind viel dauerhafter. Pappscheiben dürfen nicht aus umgearbeitetem Maschinenpapiere bestehen, da dieses, weil es mit Harzseife geleimt ist, die Flüssigkeit beinahe gar nicht durchdringen läßt.

Um die Säule aufzubauen, kann man sich ein Gestell wie Fig. 595 (a. f. S.) machen lassen, wo auf einem Stücke Holz *A* drei Stäbe *BBB* senkrecht und in solcher Entfernung von einander befestigt sind, daß die Platten gerade zwischen ihnen Platz haben. In jede der Säulen wird auf der inneren Seite eine Barometerröhre in eine Nuthe halb eingelegt und durch Siegellack befestigt, so daß die Platten nur mit dieser in Berührung kommen. Oberhalb werden die Stäbe durch ein rundes Brettchen *CC* zusammengehalten und durch hölzerne Schließen darin befestigt. In diesem Brettchen läuft eine hölzerne Schraube *D*, durch welche ein schwacher Druck auf die Säule ausgeübt werden kann.

Will oder kann man die Anstalt für ein solches Gestell nicht machen, so läßt sich der Zweck auch so erreichen, daß man in ein beliebiges Flösgchen in gehöriger Entfernung drei Löcher bohrt, und in diese drei Barometerrohren ein-
 Fig. 595.

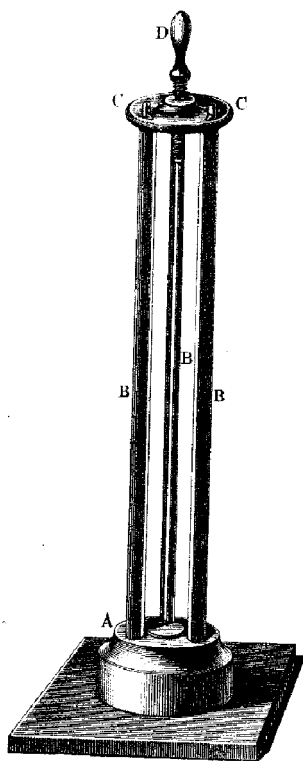
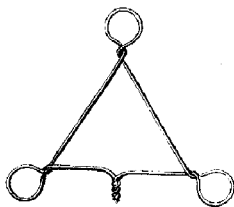


Fig. 596.



sie gelegentlich, aber doch recht bald, ebenfalls zu putzen. Für die letztere Arbeit schlägt man in ein kleines Brettchen drei Drahtstifte so ein, daß gerade

hörtiger Entfernung drei Löcher bohrt, und in diese drei Barometerrohren ein-
 fittet, welche dann aber durch ein Dreieck aus Messingdraht, wie Fig. 596, zusammengehalten werden. Der Druck zur Festhaltung des obersten Plattenpaares wird dann durch ein aufgelegtes Gewicht von etwa $\frac{1}{2}$ Pfund hervorgebracht.

Soll die Säule aufgebaut werden, so legt man zuerst ein paar Glasscheiben auf den Fuß A, so daß dadurch eine Unterlage von etwa einem halben Zoll Höhe entsteht, oder man macht eine Sie-
 gellackscheibe von dieser Dicke und legt darauf ein Plattenpaar mit angelöthetem Drahte. Die vorher eingeweichten Scheiben drückt man selbst mit der Hand bis zu dem durch Erfahrung erlernten Grad aus und legt sie ein, während man die Plattenpaare durch einen Anderen, der trockene Hände hat, in der gehörigen Ordnung einlegen läßt. Man könnte allerdings die Pappscheiben durch ein den nachfolgenden Plattenpaaren entsprechendes Gewicht auspressen; allein dieses ist umständlich und man erhält bald das erforderliche richtige Gefühl in der Hand; es handelt sich ja auch nicht um die größtmögliche Wirkung. Den Schluß macht immer wieder ein Plattenpaar mit angelöthetem Drahte, auf welches dann wieder einige Glas- oder Harzscheiben kommen.

Nach dem Gebrauche nimmt man die Säule sogleich auseinander, breitet die Pappscheiben zum Trocknen aus und legt die Plattenpaare in Wasser, um

ein Plattenpaar zwischen ihnen Platz hat und die Stifte nicht über dasselbe hervorragen; man legt sie dann mittelst eines Stückchens Holz mit Streusand und legt sie sogleich wieder in Wasser, bis alle gesetzt sind; nachher erst fängt man mit dem Abtrocknen an, was recht sorgfältig geschehen muß. Die abgetrockneten Platten werden wieder in ihrem Gestelle aufgeschichtet, aber so, daß immer nur Kupfer auf Kupfer und Zink auf Zink zu liegen kommt, wodurch alles Kosten verschüttet wird; die getrockneten Pappscheiben werden besonders aufbewahrt.

Hat man eine solche Säule aufgebaut, so muß man, außer den Erschlitterungen, vorgehend auch ihre chemische Wirkung durch Wasserzersetzung und ihre magnetische Wirkung im geschlossenen Zustande zeigen.

Die Klemmschrauben und Quecksilbernäpfe. Zu inniger 291

Verbindung derjenigen Leiter, durch welche galvanische Ströme gehen sollen, deren Electricitätsquellen vor Eintritt des Stromes keine hohe Spannung hervorbringen können, genügt das bloße Aneinanderhängen der Theile nicht mehr, wie bei der Reibungselectricität. Bei galvanischen Säulen von sehr vielen Paaren ist dieses zwar wohl noch der Fall, allein auch hier thut man besser, für eine innigere Verbindung der einzelnen Leiter zu sorgen. Es geschieht dieses gewöhnlich entweder dadurch, daß man beide Leiter in eine kleine Vertiefung taucht, worin sich etwas Quecksilber befindet, oder daß man beide an ein Zwischenstück anschraubt.

Quecksilbernäpfe macht man einfach so, daß man in ein Stückchen Holz von etwa 1 Quadrat Zoll Fläche mit dem Centrubohrer ein Loch von etwa $\frac{1}{2}$ Zoll Tiefe und $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser macht; man kann das Loch mit Siegel-lack firnissen, was aber nicht nothwendig ist. Gut ist es, wenn das Näpfchen im Grunde noch zwei nicht tiefe Löcher von etwa $\frac{1}{2}$ Linie Weite hat, um die Drahtenden einstecken zu können; statt dieser Löcher kann man auch zwei Haken aus Eisendraht in den Boden oder die Seitenwand schlagen und die Enden der Leitungsdrähte hineinstecken. Wo es angeht, ist es viel besser, gewöhnliche eiserne Fingerhüte zu kaufen und sie in das Holz einzustecken; es ist dieses besonders dann der Fall, wenn, wie es öfter vorkommt, mehrere Näpfe in demselben Brette nöthig sind. Man kann nämlich dann jeden Napf für sich herausnehmen und entleeren, wobei man kein Quecksilber verschüttet, da es nicht immer möglich ist, alle anderen Näpfe außer dem zu entleerenden gehörig mit den Fingern zu verschließen. Dieser unvermeidliche directe Verlust an Quecksilber, sowie der indirecte desselben durch Verunreinigung mit dem eingetauchten Metalle und das Amalgamiren der Drahtenden macht die Quecksilbernäpfe theurer als die Klemmschrauben, welche doch nur einmal Kosten verursachen und dann noch den Vortheil haben, daß die zusammengeschraubten Theile als Ganzes beweglich bleiben, und man auch nicht nöthig hat, die zu vereinigenden Metalle vorher zu

amalgamiren. Letzteres geschieht übrigens einfach dadurch, daß man die Theile mit etwas Salpetersäure bestricht, dann in Quecksilber taucht und durch Reiben mit Fließpapier letzteres darauf ausbreitet.

Klemmschrauben sind also überall dem Quecksilber vorzuziehen, wo nicht etwa ein schnelles Unterbrechen und Wiederherstellen der Verbindung erforderlich ist, oder wo die Stromtheile nicht ihre Beweglichkeit unabhängig von einander beibehalten sollen.

Man hat außer den an einzelnen Apparaten fest anzubringenden Klemmschrauben, deren Form sich nach dem speciellen Zwecke richtet, eine Anzahl derselben zu allgemeinem Gebrauche vorrätzig, wovon einige bestimmt sind, Bleche an Bleche, andere Bleche an Drähte, und wieder andere Drähte an Drähte anzuschrauben. Von jeder Sorte hat man einige Stücke nöthig. Bei allen muß man auf etwas dicke und gut gearbeitete Schrauben sehen, die ein nur mäßig feines, aber tiefes Gewinde haben, damit sie nicht sobald todt werden. Ueber ihre Anfertigung ist schon in §. 38 das Nöthigste angeführt.

Fig. 597.



Um Bleche an Bleche zu schrauben, dienen ganz einfach eiserne Klemmen von der Form und Größe wie Fig. 597. Um Bleche an Drähte zu schrauben, schneidet man von dickem Messingdraht ein Stück von etwa 1 bis $\frac{3}{4}$ Zoll herunter und arbeitet es wie Fig. 598; die Schraube *a* faßt das Blech und *b* den in eines der rechtwinklig einander durchschneidenden Löcher *c* gesteckten Draht. Man muß dafür sorgen, daß die Löcher gehörig weit gebohrt werden, um auch dicke Drähte aufnehmen zu können, und daß das Loch für das Gewinde der Schraube *b* nicht über die Kreuzungsstelle weggeht. Letzteres führt den Uebelstand herbei, daß dünne Drähte immer in diese Vertiefung hineingepreßt werden, wodurch sie krumm werden, ungern herausgehen und zuletzt auch spröde werden und abbrechen.

Fig. 598.

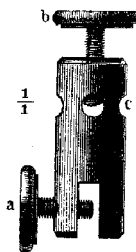
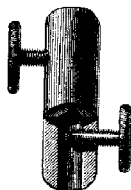


Fig. 599.



Fig. 600.



Um Drähte an Drähte zu schrauben, könnte man Klemmschrauben, wie Fig. 599, anfertigen; allein man erreicht in beinahe allen Fällen den Zweck vollkommen durch eine Klemme, wie sie Fig. 600 in natürlicher Größe und im Durchschnitte zeigt. Noch einfacher sind die

von Nürnberg angegebenen Drahtklemmen, wie sie in Fig. 601 und 602 in $\frac{1}{2}$ der natürlichen Größe abgebildet sind; sie werden aus etwa $1\frac{1}{2}$ bis 2 Millimeter dickem, hartgezogenem, recht reinem Drahte gebogen, wozu sich am besten versilberter Kupferdraht eignet.

Soll die Klemmschraube für beständig an einem Apparate verbleiben, so erhält sie sehr oft die Form wie Fig. 603, wo dann der vom Apparate kom-

Fig. 601.

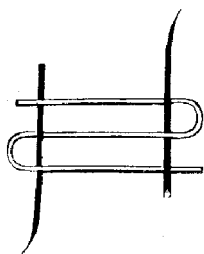
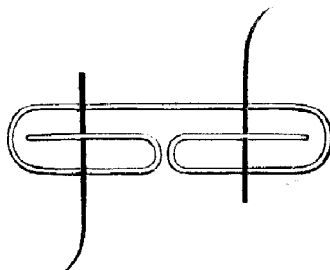


Fig. 602.



rende Draht in ein Dohr umgebogen, etwas glatt geschlagen und entweder bei *ab* oder bei *ce'* angekleimt wird, während der andere, vom Elektromotor

Fig. 603.

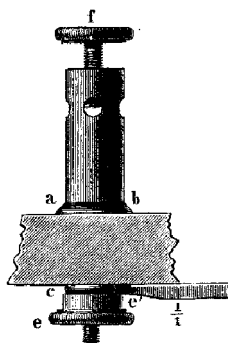


Fig. 604.



Fig. 605.



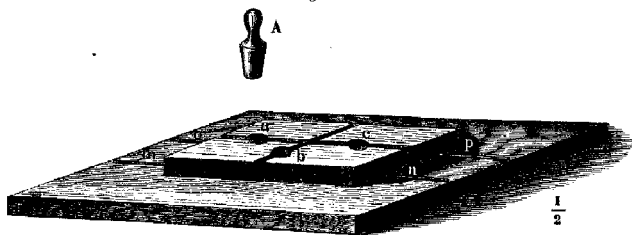
kommende Draht durch die Schraube *f* gehalten wird. Wenn es der Platz erfordert, so wird der Draht und die Schraubenmutter *e* in das Holz eingelassen; letztere erhält dann die Form wie Fig. 604, und wird durch zwei Löcher mit der Spitzzange angezogen. Man kann sie auch viereckig lassen und mit der Flachzange anziehen; nur muß dann das Holz weiter ausgebohrt sein.

Ist die Stellung der Löcher eine gleichgültige, so kann man in diesem Falle auch unterhalb nur ein gewöhnliches, ziemlich grobes, aber scharfes

Gewinde anschnitten, Fig. 605, das schwach konisch zuläuft, und dieses mittelst eines durch die Löcher gesteckten Drahtstiftes in das Holz einschrauben. Der Draht wird wie im vorigen Falle plattgeschlagen und unterlegt. Sehr oft bedient man sich auch der in Fig. 606 (a. f. S.) abgebildeten Vorrichtung, wo man Apparate öfter in einen Strom ein- oder auszuschalten hat. Auf dem die Apparate tragenden Tische befinden sich vier Messingstücke, zwischen welchen ein kleiner Zwischenraum gelassen ist; sie sind an drei Stellen, *a*, *b*, *c*, so konisch angebohrt, daß man konische Zapfen, wie *A*, fest in die Zwischenräume stecken kann. Steckt nur in *b* ein solcher Zapfen, so kann ein bei *m* eintretender Strom direct bei *n* austreten. Stecken aber solche Zapfen in *a* und *c*, so muß dieser Strom erst

den Weg *op* passiren, ehe er zu *n* kommt. Die Vorrichtung kann mannigfaltig abgeändert werden.

Fig. 606.

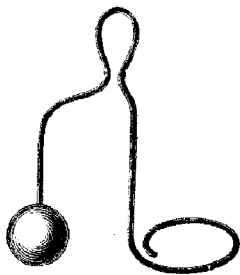


Die Drahtenden, welche in die Klemmschrauben kommen sollen, reinigt man gewöhnlich vorher mit der Feile oder mit dem Schaber. Die Schrauben sind stets sehr fest anzuziehen, besonders wenn es sich um Messungen handelt, wo nur dadurch eine gleichförmige Verbindung erreicht werden kann. Man bemerkt die Wirkung des Anziehens sehr auffallend, wenn Meßapparate eingeschaltet sind. Gerade deswegen dürfen auch die Schraubenköpfe nicht zu klein sein.

292

Becherapparate.

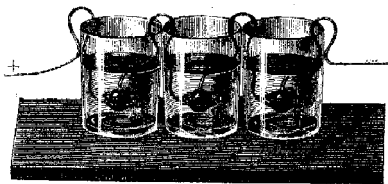
Fig. 607.



Da Säulen im Gebrauche sehr unbequem sind, so hat man praktischere Zusammensetzungen erdacht. Unter diesen sind Modificationen von Volta's Becherapparat jetzt am allgemeinsten im Gebrauche. Am einfachsten kann man sich denselben herstellen, wenn man an Kupferdrähte Zinkugeln im Klinkentugelmanier angießt, die Drähte dann, wie Fig. 607, krümmt und in gewöhnliche Trinkgläser stellt, so daß der federnde Draht je zwei Gläser zusammenhält. In die Gläser kommt die gewöhnliche Flüssigkeit (Wasser mit $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{10}$ Schwefelsäure und $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{10}$ Salpetersäure). Wenn man auch nur 20 bis 30 Paare anwendet, erhält man schon Erschütterungen. Fig. 608 zeigt die Zusammenstellung des Apparates. An dem positiven Pole ist noch ein ungepaarter Draht eingefügt, also ebenfalls Kupfer, und man muß, um zu erkennen, wo der positive Pol eines säulenartigen Apparates sei, immer die ganzen Paare berücksichtigen; er ist immer auf der Zinkseite dieser Paare in Uebereinstimmung mit der Säule. Zu Wirkungen, welche große Quantität erfordern, ist jedoch die Form, welche Volta schon dem Apparat gegeben, viel zweckmäßiger.

Um den Volta'schen Apparat herzustellen, schneidet man Kupferplatten aus etwa $\frac{1}{2}$ bis 1 Millimeter dickem Bleche, wie Fig. 609, so daß jede der

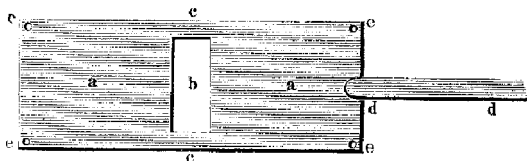
Fig. 608.



beiden Platten 12 bis 15 Quadratzoll mißt; zwischen ihnen wird eine Oeffnung *b* ausgehauen und sie bleiben nur durch die beiden Streifen *cc* in Verbindung. An eine derselben wird ein schmaler Streifen von etwas stärkerem Bleche *dd* mit Zinn angelöthet.

Jede der vier Ecken *eeee* erhält ein Loch für einen etwa millimeterdicken Draht. Die Zinkplatten werden von starkem — bis 1 Linie dickem — Zinkbleche in gleicher Größe wie die Platten

Fig. 609.



aa gemacht. Die Streifen *dd* macht man alle gleich lang und löthet an das freie Ende eines jeden eine Zinkplatte; eine Kupferplatte bleibt ungepaart, und ebenso erhält auch eine Zinkplatte nur einen Kupferstreifen. Jedes Paar wird dann so gebogen, wie Fig. 610 zeigt, und die Zinkplatte des folgenden Paares zwischen die Kupferplatten des vorhergehenden gesteckt. Um dieselbe hier gehörig zu befestigen und doch von den

Fig. 610.

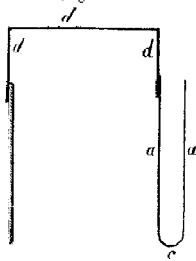


Fig. 611.

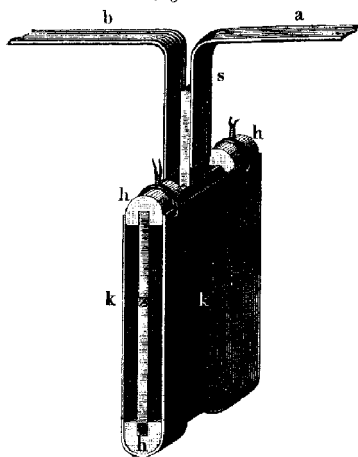


Kupferplatten zu trennen, werden auf die beiden halbkreisförmig gebogenen Streifen *cc*, Fig. 609, mit einem Ausschnitte versehenen Holzstückchen (Fig. 611 in natürlicher Größe) gesetzt, und mit ihrem Ausschnitte unter die Zinkplatte geschoben; zwei gleiche Stückchen Holz kommen auch oben auf die Zinkplatte, und über diese weg werden die beiden Kupferplatten durch die Löcher *ee*, Fig. 609, mittelst eines Drahtes zusammengebunden. Fig. 612 (a. f. S.) zeigt ein solches Element in seiner Zusammenföhrung.

Die einzelnen Paare werden, wie sie nach und nach zusammengeschoben werden, durch die Streifen *ab* mittelst Holzschrauben an eine eichene Leiste von etwa 1 □ Zoll Querschnitt befestigt, wie es Fig. 613 (a. f. S.) zeigt, woraus zugleich hervorgeht, daß sich die Ränge der Streifen *ab* nach den für den Appa-

rat bestimmten Gläsern richtet, die man also jedenfalls zuerst anschaffen muß. Müssen dieselben eigens bestellt werden, so bestellt man sie viereckig und nur etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll weit, wodurch der Apparat compendioser wird. Zehn bis zwölf Paare macht man an eine Leiste und läßt die Kupferstreifen der ersten ungepaarten Kupfer- und der letzten ungepaarten Zinkplatte durch die Holzleiste heraufgehen, um sie entweder in Quecksilber zu leiten oder

Fig. 612.



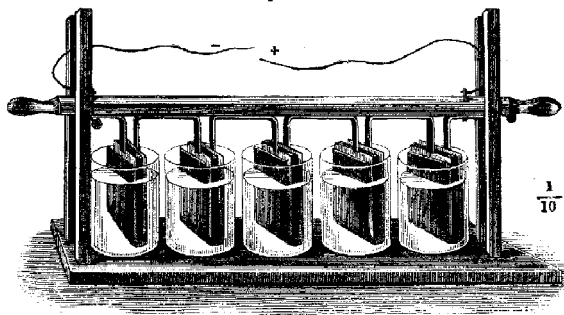
kleinmenschrauben daranzusetzen.

Macht man 20 bis 24 Paare, so kommen je 10 bis 12 in der gleichen Ordnung an eine Leiste; die Gläser kommen auf ein hölzernes Gestell, so daß man alle Plattenpaare zugleich in dieselben senken und herausheben und über den Gläsern aufhängen kann. Fig. 613 zeigt die

Zusammenstellung für 5 Paare nebst dem Gestelle.

Die einzelnen so gebildeten Säulen können dann durch Kupferdrähte je nach Bedürfnis bald so verbunden werden, daß das ungepaarte Kupfer der einen

Fig. 613.



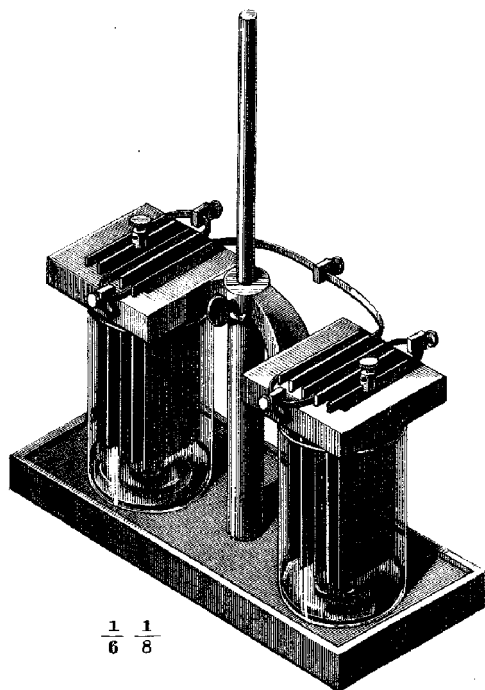
mit dem ungepaarten Zinke der anderen verbunden ist, und man also eine Säule von soviel Paaren erhält, als man deren besitzt; oder man verbindet auch die ungepaarten Kupferplatten unter sich und ebenso die ungepaarten Zinkplatten, wodurch man eine Säule von weniger, aber größeren Paaren erhält.

Man hat bei dieser Einrichtung den Vortheil, daß man die Platten, sobald

man die Säule nicht braucht, aus der Flüssigkeit entfernen und dadurch die unnöthige Verzehrung des Zinks verhüten kann, was ebenso beim Eintauchen der Fall ist, wo man noch den Vortheil hat, daß man die erste stärkere Wirkung der Platten sogleich benutzen kann. Uebrigens erhält sich die Wirkung einer solchen Säule sehr lange auf ziemlich gleichem Grade, wenn einmal der erste Anstoß nachgelassen hat und die Flüssigkeiten nicht zu stark sind. Nach dem Gebrauche spült man den Apparat nur mit reinem Wasser aus; ein weiteres Putzen ist bei demselben nicht wohl möglich; wird es mit der Zeit etwa nöthig, so muß man den Apparat auseinander nehmen, was ziemlich viel Arbeit macht.

Man kann auch anstatt einzelner Gläser einen aus gemeinem Thon gefertigten gut glasirten und durch Zwischenwände in Zellen abgetheilten Trog anwenden. Ein Apparat von nur 6 bis 12 Paaren wird dadurch sehr compendiös und bedarf auch gar keines Gestelles; er ist immer zum Dienste parat, ist nach dem Gebrauche bald ausgespült und leistet jahrelang gute Dienste.

Fig. 614.



$$\frac{1}{6} \quad \frac{1}{8}$$

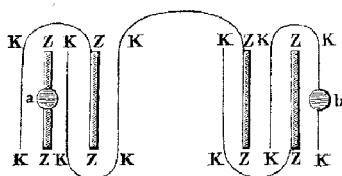
Einen für den täglichen Gebrauch sehr bequemen Apparat, der zum Theil dem Volta'schen, zum Theil dem Faraday'schen ähnlich ist, hat Mink angegeben. Er ist in Fig. 614 abgebildet und besteht aus 6 Kupfer- und 4 Zinkplatten, welche alle einzeln in die Ruten eines doppelten hölzernen Rahmens gesteckt werden, der an einer verticalen Säule beliebig hoch festgestellt werden kann. Die Platten tauchen in 2 Gläser und können demnach beliebig tief in die Ladungsflüssigkeit eingetaucht

oder ganz aus derselben herausgezogen werden. Jede Platte hat die Form wie Fig. 615, und jede, mit Ausnahme einer Zinkplatte, hat noch einen mehr

Fig. 615.



Fig. 616



oder weniger langen Kupferstreifen angelöthet, um sie mittelst Klemmschrauben verbinden zu können. Fig. 616 zeigt die Anordnung dieser Verbindungen noch besonders, *a* und *b*

sind die Klemmschrauben. Da hier jede Platte ohne Anstand einzeln herausgenommen und gereinigt oder amalgamirt werden kann, so erhält sich ein solcher Apparat stets in gutem Zustande.

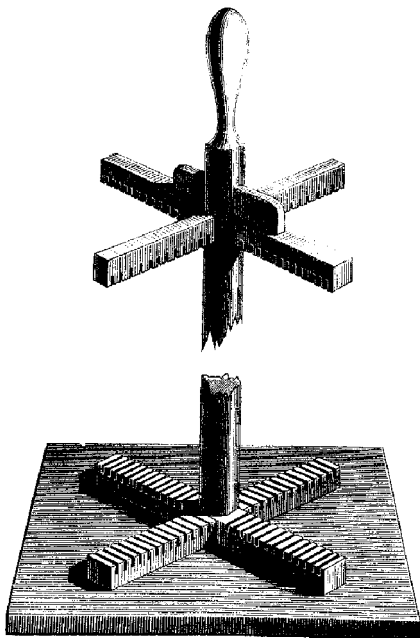
293 Die Hare'sche Spirale. Ein solches Element giebt, wenn es auch nicht in dem riesigen Maßstabe von 50 und noch mehr Quadratzuß ausgeführt ist und sich nur auf 1 bis 2 Quadratzuß beschränkt, doch einen sehr starken elektrischen Strom, und ist daher sehr brauchbar, wenn man nicht auf längere Zeit constante Ströme nöthig hat. Es empfiehlt sich dabei noch durch seine verhältnismäßige Wohlfeilheit und große Bequemlichkeit im Gebrauche. Man braucht dasselbe nämlich nur in das dazu bestimmte Gefäß einzusetzen, um sogleich einen kräftigen Strom zu erhalten; nach dem Gebrauche gießt man reines Wasser durch und die ganze Arbeit ist beendet.

Will man sich nicht auf übermäßige Dimensionen einlassen, so verfertigt man den Apparat so, daß ein recht großes Zuckerglas als Gefäß dienen kann. Die Anfertigung kann in folgender Weise geschehen. Die Platten aus Kupfer und Zink — etwa von der Dicke, wie sie für die Wollaston'schen Elemente angegeben wurde — werden so breit genommen, als es die Höhe des Glases verlangt, und erhalten für ein etwa 4 Zoll weites Glas eine Länge von 3 Fuß. Man nimmt die Kupferplatte zur äußeren Windung und läßt sie darum etwa $\frac{1}{2}$ Fuß länger; was übrig bleibt, kann später mit der Scheere leicht abgeschnitten werden. Zwischen Zink und Kupfer und auf das letztere legt man je einen mit den Platten gleich breiten, weichen, aber etwa eine Linie dicken Streifen von Pappe, und klemmt das schmale Ende des Pakes zwischen zwei Eisenstäbe von etwa 1 Zoll Breite und 3 bis 5 Linien Dicke, indem man die Stäbe an beiden Enden zwischen Feilkloben spannt. Nachdem man die Bleche auf der eingespannten Seite mehr als handwarm erwärmt hat, treibt man sie mit einem hölzernen Hammer um den Stab herum, womit ein Blechner oder Kupferschmied leicht fertig wird. Die innerste Windung wird dabei freilich nicht ganz rund, was sich aber

bei den folgenden Windungen halb ausgleicht und ohnehin nichts zu sagen hat. Die Pappstreifen werden nachher wieder herausgenommen.

Ein runder Stab von entsprechender Dicke erhält nun einerseits ein hölzernes Kreuz, Fig. 617, fest aufgekittet, und oberhalb zwei sich kreuzende vier-

Fig. 617.



edige Böcher, um zwei weitere, etwas schwächere Stäbe durchstecken zu können. Die Stäbe sind zur Hälfte in einander eingeschnitten und das eine Loch erhält die doppelte Höhe des anderen, um die Stäbe einführen zu können; ein Keil hält dann die Stäbe fest. Diese beiden Kreuze müssen um 2 bis 3 Linien näher beisammen sein, als es die Höhe der Spirale verlangt. Nachdem diese dazwischengestellt ist, zeichnet man die Stellen, wo die einzelnen Windungen sie berühren, und macht hier der Dicke der Platten entsprechende Einschnitte, welche dazu dienen, die Windungen von einander getrennt zu erhalten.

Man kann so die beiden Platten auch wieder auseinandernehmen, um das Zink nöthigenfalls frisch zu amalgamiren, indem man es mit etwas Quecksilber allein in das mit verdünnter Säure gefüllte Glas setzt.

An das Ende jeder Platte kann man einen dicken Kupferdraht anlöthen, um bequem andere Drähte mittelst Klemmschrauben daran zu befestigen.

Fig. 618 (a. f. S.) zeigt den fertigen Apparat. Für ganz große Spiralen wendet man hölzerne Gefäße an, und macht die Einrichtung, wie sie Fig. 619 (a. f. S.) zeigt.

Auch ein einzelnes Wollaston'sches Element ist für ähnliche Zwecke, wenn man weniger starke Ströme nöthig hat, sehr bequem. Man befestigt dann an das Kupfer eine Handhabe und löthet sowohl an dieses als an das Zink einen etwa $\frac{1}{2}$ Linie dicken und 2 Zoll langen Kupferdraht.

Unter den Ketten mit nur einer Flüssigkeit sind die von Smee construirten

sehr häufig im Gebrauche. Zwischen zwei amalgamirten Zinkplatten befindet sich dabei eine Platte aus Silber oder Platin, welche mit Platinschwarz über-

Fig. 618.

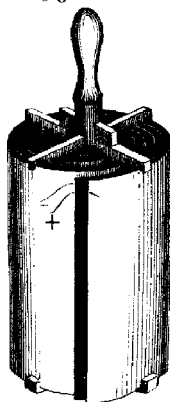
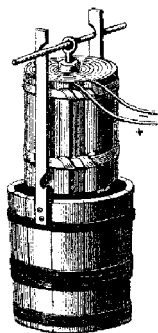


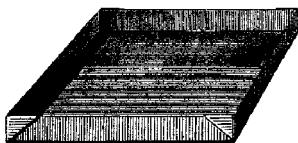
Fig. 619.



zogen ist. Letzteres geschieht in folgender Weise. Die Platten werden erst gereinigt, Platinplatten durch Reiben mit Smirgelpapier, Silberplatten durch verdünnte Salpetersäure, durch beides wird die Oberfläche matt; die Platten kommen nun in ein Gefäß mit verdünnter Schwefelsäure und etwas Platinchlorid in das erste kommt noch ein zweites Gefäß aus porösem Thon mit verdünnter Schwefelsäure und einer Zinkplatte. Sobald letztere mit der zu überziehenden Platte verbunden wird, erfolgt die Ablagerung.

Sehr bequem sind auch Dersted'sche Trogapparate, wenn man etwa einmal zu vorübergehenden Zwecken einen sehr kräftigen Strom braucht. Man

Fig. 620.



nimmt dazu eine Kupferplatte, wie sie im Handel vorkommt, biegt sie nur ringsum 1 Zoll hoch auf und legt die Ecken um, wie es Fig. 620 zeigt; die Zinkplatte wird auf ein Paar Holzstäbchen in diesen niedrigen Kupfertrog gelegt und der ganze Apparat ist fertig.

Kupfer und Zink können nachher wieder zu anderen Zwecken verwendet werden.

294 Das Amalgamiren des Zinks. Wenn die Zinkplatten amalgamirt werden, so wird dadurch nicht nur die Wirkung jedes galvanischen Apparates erhöht, sondern auch der Verbrauch des Zinks bedeutend herabgesetzt. Das Amalgamiren neuer Zinkplatten geschieht einfach so, daß man in eine Tasse etwas verdünnte Schwefelsäure oder Salzsäure (auf die Hälfte etwa verdünnt)

und Quecksilber nimmt, und die Säure nebst dem Quecksilber mittelst einer kleinen Bürste oder eines an einen Stiel gebundenen Lappchens auf dem Zinke ausbreitet. Wenn man schon einmal gebrauchte Zinkplatten frisch amalgamiren will, so braucht man sie nur in die gewöhnliche Ladungsflüssigkeit zu stellen und etwas Quecksilber dazu zu gießen, es breitet sich von selbst aus, oder man taucht dieselben zuerst in die Ladungsflüssigkeit, dann mit dem unteren Rande in Quecksilber und stellt sie nachher verkehrt; nach einiger Zeit hat sich das Quecksilber von selbst ausgebreitet; doch ist es zweckmäßig, dieselben nun wieder in die Säure zu tauchen; zeigen sich hier (durch Aufbrausen) schadhafte Stellen, so hilft man durch Reiben nach. Neue Platten sind auf ihrer Oberfläche immer etwas schmutzig, darum kann man sie nicht ebenso behandeln, oder es dauert wenigstens ziemlich lange, bis sie amalgamirt sind. Wenn die Platten eine Zeit lang ungebraucht stehen, so zieht sich das Quecksilber in Tröpfchen zusammen; es breitet sich aber sogleich wieder aus, wenn die Platten in die Ladungsflüssigkeit kommen. Bei solchen Elementen, wo das Zink in einer gesonderten Zelle steht, hat man mit dem Amalgamiren gar keine Arbeit; man gießt hier nur geradezu etwas Quecksilber in die Zelle. Sollten aber die in §. 292 beschriebenen Wollaston'schen Elemente frisch amalgamirt werden müssen, so taucht man sie in die verdünnte Säure, die zum Laden gebraucht wird, zieht sie wieder heraus, legt sie auf die Seite, so daß die lange Seite der Zinkplatten oben ist, und gießt mittelst einer Pipette an jeder Zinkplatte ein Paar Tropfen Quecksilber hinunter, indem man das ablaufende durch einen untergehaltenen Teller auffängt und dann sogleich die Säule wieder einsetzt.

Quecksilber, das einmal zu diesen galvanischen Apparaten gebraucht wurde, muß besonders aufbewahrt werden, weil es zu keinen anderen Versuchen mehr brauchbar ist, ohne daß man es vorher wieder reinigt.

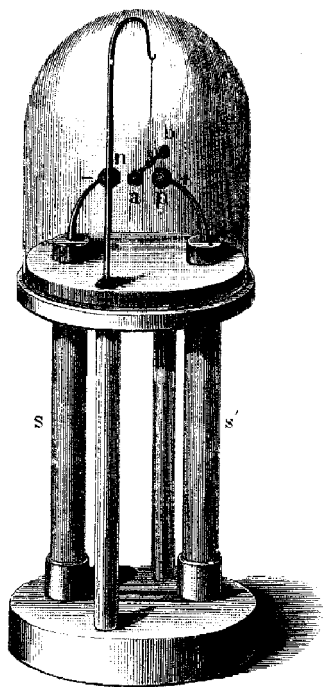
Wenn man 2 Theile Quecksilber in 10 Theilen Königswasser löst und nachher noch 10 Theile Salzsäure zusetzt, so erhält man eine Flüssigkeit, welche hineingetauchte Zinkplatten sehr rasch amalgamirt.

Die Zambonische Säule. Das Wichtigste über die Construction 295 dieser Säulen wurde bereits bei Gelegenheit des Bohnenberger'schen Elektrometers angeführt. Will man eine solche Säule abgesondert machen, um daran die Erscheinungen der Spannung deutlich zeigen zu können, so füllt man Scheibchen von etwa $\frac{1}{2}$ bis 1 Zoll Durchmesser in eine innerhalb mit geschmolzenem Siegellack überzogene Glasröhre *), die auch nach diesem Ueberzug noch weit

*) Man erwärmt hierzu die Glasröhre von einem Ende aus und läßt das in kleinen Stücken hineingelegte Siegellack darin schmelzen; es breitet sich leicht und sehr gleichförmig auf der inneren Seite der Röhre aus. Es ist dieses das sicherste Mittel, die Röhre gehörig isolirend zu machen; doch bleibt der Apparat schöner, wenn

genug fein muß, um die Scheibchen leicht und ohne Anstreifen in dieselbe füllen zu können. Man kann übrigens solche Säulen noch wirksamer machen, wenn man nur Silberpapier nimmt und dieses auf der anderen Seite äußerst dünn mit einer aus dünnem Gummiwasser und sehr fein abgeriebenem und geschlämmtem Braunkstein bestehender Farbe bestreicht. Streifen die Blättchen beim Hineinbringen, so wird die Röhre innerhalb mit einem feinen Metallanflug überzogen und die Säule wird fast wirkungslos. Fassungen braucht die Röhre nicht zu haben; es genügt, sie mit recht trockenen Korkstöpseln zu verschließen, nachdem man auf die letzten Blättchen Messingbleche gelegt hat. Die Korkstopfen werden

Fig. 621.



vorher so durchbohrt, daß ein etwas dicker einerseits wohl abgerundeter Messingdraht gerade noch durchgeschoben werden kann. Die Reibung dieses Drahtes genügt, um die Scheibchen gehörig zusammengepreßt zu erhalten; überdies werden zuletzt die Rörte mit Siegellack überzogen. Eine solche Säule giebt, wenn sie aus etwa 1000 Paaren besteht, schon an einem empfindlichen Strohhalm-Elektrometer einen Anschlag. Wenn man nur ein bis zwei Duzend solcher Blättchen aufeinander schichtet und mit Seide der Länge nach umbindet, so geben sie am Condensator einen Anschlag. Eine solche Säule ist überhaupt sehr bequem, um die Wirkung des Condensators zu demonstrieren, und man kann daran auch den Unterschied der Spannung an ihren Polen im isolirten und nicht isolirten Zustande zeigen. Baut man eine solche Säule von etwa 1000 Paaren offen auf einem Brettchen zwischen drei Glasstäben auf und bewirkt die Pressung durch zwei gekreuzte Seiden-

schnüre, welche durch das Brettchen gehen und unterhalb gebunden werden, so kann man von 100 zu 100 kleine Lappen vorstehen lassen und an diesen die allmählig wachsende Spannung zeigen.

die Röhre an sich gut isolirt, und dann innerhalb nur mit gebleichtem Schellack gestrichelt wird, da man so die Blättchen selbst sehen kann.

Wenn man zwei Säulen von je etwa 2000 Paaren aufbaut, sie auf ein Brett setzt und wie beim Bohlenberger'schen Elektrometer unterhalb durch einen Stanniolstreifen verbindet, so reichen sie zu einem sogenannten elektrischen Pendel aus. Fig. 621 zeigt ein solches. Die oberen Pole gehen durch ein rundes Brett, welches auf zwei Säulen ruht und an einem gebogenen Drahte mittelst Seidenfaden das Pendel trägt. Letzteres besteht aus einer leichten hohlen Messingkugel *a*, welche an einem Glasstäbchen steckt; das Glasstäbchen ist an den Faden gebunden und eine zweite Kugel *b* hält der ersten das Gleichgewicht. Die Kugel *a* hängt im Ruhezustande zwischen den beiden Polen, und der Theil des Glasstäbchens, welcher zwischen ihr und dem Seidenfaden ist, muß so lang sein, daß die Kugel *a* beide Pole erreichen kann, wenn sie sich um den Faden als Axe dreht. Um den Luftzug abzuhalten, ist eine Glasglocke über das Pendel gestürzt. Giebt man dem Pendel einen Stoß, so geht es jahrelang fort, kommt wohl auch zum Stehen und fängt wohl auch wieder von selbst an sich zu bewegen.

Constante Ketten. Braucht man für eine mehrere Stunden 296 dauernde Arbeit einen gleichmäßigen und zugleich starken elektrischen Strom, so muß man sich der constanten Ketten bedienen, bei welchen die beiden Metalle durch eine poröse Scheidewand getrennt sind und jedes eine eigene Flüssigkeit erhält. Als Scheidewand kann eine einfache oder doppelte Schweins- oder Rinderblase dienen; doch haben dieselben mancherlei Unbequemlichkeiten und sind daher jetzt so ziemlich von den porösen Thongefäßen verdrängt. Nur bei galvanoplastischen Arbeiten bedient man sich noch sehr oft der Blasen, und sie sind in der That dabei sehr bequem; das Element hat aber dann überhaupt eine eigenthümliche Einrichtung und soll bei jener Gelegenheit beschrieben werden.

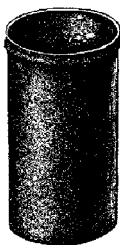
Die porösen Thonzellen werden theils aus einer Porzellanmasse, theils aus Pfeisenthon, theils aus gewöhnlichem eisenfreien Thon unter Zusatz von gemahlenem Quarz gemacht, oder auch in einer hölzernen Form aus Gyps gegossen. Die Porzellanzellen sind allerdings sehr gut und zugleich auch stärker als die anderen. Die künstlichen Thonzellen sind bald aus Pfeisenthon, bald aus gewöhnlichem Thon; erstere sind vorzuziehen, da sie sich dünner ausarbeiten lassen, allein auch die gewöhnlichen leisten sehr gute Dienste. Jeder Hafner kann dieselben aus sogenannter Weißerde und feinem Sande anfertigen, und wird bald nach ein paar Versuchen die richtige Mischung finden. Angeben läßt sich dieselbe nicht, wegen der Verschiedenheit des Thons. Man muß hauptsächlich darauf sehen, daß sie gleichförmig und möglichst dünn ausgearbeitet werden; was um so eher geschehen kann, da man sie jetzt gewöhnlich in cylindrischer Form anwendet. Zellen aus Gyps müssen im feuchten Zustande sehr vorsichtig behandelt werden.

Man kann solche Zellen selber auf der Drehbank über einer Holzform machen; die Form wird mit Papier überlegt und ist parallel mit der Ase durchbohrt, damit man die Zellen herunterziehen kann; man bringt dieselben so gleichförmiger dünn, als sie der gewöhnliche Hafner macht; den Thon läßt man sich von diesem zubereiten und läßt die getrockneten Zellen auch von ihm brennen.

Gute Thonzellen müssen, wenn man Wasser darein gießt, in einer Minute außerhalb ganz feucht werden; Zellen aus Pfeisenthon werden schon in 20 bis 30 Secunden feucht. Sie dürfen aber keine Risse haben, also das Wasser nicht durchträufeln lassen; ist dieses der Fall, so dringt die Salpetersäure zum Zink und dieses wird schwarz, woran man eben schadhast gewordene Thonzellen bald erkennt.

Zu ihrer Erhaltung ist es durchaus nöthig, daß sie nach jedesmaligem Gebrauche ausgespült und etwa noch 24 Stunden lang in einen Kibel voll reinen Wassers gelegt werden; ohne diese Vorsicht werden sie bald mürbe und zerbrechen beim geringsten Stoße.

Fig. 622.



Ihre Form, Fig. 622, muß gut rund sein, damit die Flüssigkeit zwischen ihnen und den Metallen durchweg eine gleich dünne Schichte bilden kann. Die Größe richtet sich natürlich nach jener der Elemente, welche gebaut werden sollen; doch läßt man dieselbe um nicht mehr, als ihr oberhalb etwas verstärkter Rand beträgt, über das äußere Metall hervorragen. Sehr oft wendet man jetzt auch Kohlenplatten an und dann erhalten die Zellen eine parallelepipedische Form. Die vorzüglichsten Zellen, die dem Verfasser bis jetzt zur Hand kamen, waren in Bezug auf geringen Leitungswiderstand von Mechanicus Stöhrer in Dresden; sie übertrafen weit die Pariser Porzellanzellen.

297 Die Daniell'sche constante Kette. Sie besteht aus Kupfer und Zink; zum Kupfer kommt eine Kupfervitriollösung, zum Zink verdünnte Schwefelsäure. Das Kupfer kann hier beliebig dünn genommen werden, da es durch die Thätigkeit der Kette selbst aus dem zerfetzten Kupfervitriol nach und nach verstärkt wird. Es ist gleichgültig, ob man das Kupfer oder das Zink als äußeres Metall nimmt, also gleichgültig, welches die größere Fläche hat. Man richtet sich daher hierin am besten danach, ob etwa die ebenfalls noch vorhandenen Bunsen'schen Ketten die Kohle als äußeres oder inneres Glied haben, damit man dasselbe Zink zu beiden Ketten brauchen kann. Bei Grove'schen constanten Ketten hat aus sehr nahe liegenden Gründen immer das Zink die größere Fläche.

Als Gefäß dient gewöhnlich ein Zuckerglas, das man stets von beinahe beliebiger Größe haben kann. Zink und Kupfer werden cylindrisch zusammengebogen, so daß beide den Wänden der cylindrischen Thonzelle möglichst nahe

kommen. Das Zink muß dabei auf 60° bis 80° R. erhitzt werden, besonders wenn es in die Thonzelle kommen, also in einen engen Cylinder zusammengebo-

Fig. 623.



gen werden soll, weil dasselbe sonst beim Zusammenbiegen brechen würde; amalgamirt wird dasselbe dann zuletzt. Wenn man den Zinkcylinder auf der vom Kupfer abgekehrten Seite mit einem Firniß aus in Terpentinöl gelöstem Asphalt überzieht, so wird viel Zink gespart. Beide Bleche erhalten ein schmales Kupferblech angelöthet, wie *a*, Fig. 623, zeigt, welches bei jedem Blech bis ein wenig über das Glas her-

ausragen muß, um entweder die nöthigen Leitungsdrähte an dasselbe schrauben, oder das Element mit anderen verbinden zu können. Das äußere Metall läßt man gewöhnlich um die Breite dieser Löthstelle, also etwa fingerbreit über das Glas, und das innere eben so breit über die Thonzelle hervorragen. Fig. 624 zeigt ein solches Element in seiner Zusammensetzung. Wird das Zink in die Thonzelle genommen, so nimmt man auch manchmal anstatt der Blechcylinder gegossene Stücke von der Form wie Fig. 625.

Fig. 624.

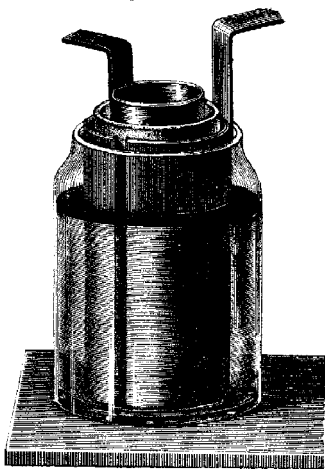
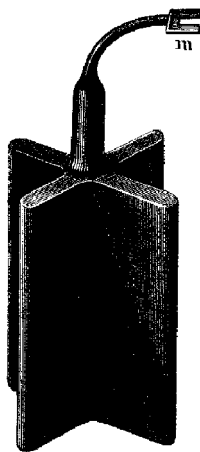


Fig. 625.



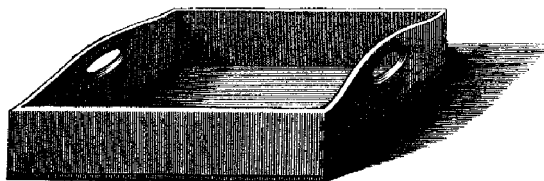
Da die gleichförmige Wirkung dieses Elementes von dem stets gesättigten Zustande der Kupfervitriollösung abhängt, so muß sich krystallinischer Kupfervitriol stets im Ueberfluß darin befinden. Es genügt aber nicht, denselben hinzulegen, weil sonst nur die am Boden befindliche Schichte der Lösung gesättigt ist; man muß den Vitriol in einem Florbeutelchen in den oberen Theil des Gefäßes hängen; so behandelt ist die Wirkung eines solchen Elementes sehr constant,

wenngleich die Stromstärke durch seinen eigenen Widerstand sehr geschwächt ist und derjenigen einer Bunsen'schen Kohlenkette von gleichen Dimensionen bei Weitem nicht gleich kommt. Dagegen hat die Daniell'sche Kette den Vortheil, daß sie noch andauernd in Thätigkeit gelassen werden kann als jene, wohlfeiler im Anschaffen ist und den Uebelstand mit den salpetrigsauren Dämpfen nicht hat, wie jene. Aus letzterem Grunde ist es besonders zu empfehlen, wo der Apparat in Werkstätten u. dergl. aufgestellt werden soll, und also die salpetrigsauren Dämpfe den übrigen Geräthschaften schädlich werden können. Statt der Schwefelsäure kann man beim Zink auch Kochsalzlösung anwenden; dann muß man aber noch ein Beutelschen mit Kochsalz einhängen, indessen ist dieses nicht sehr zu empfehlen. Sollten solche Elemente sehr lange gebraucht werden — mehrere Wochen lang —, so wird es nöthig, von Zeit zu Zeit durch einen Heber einen Theil der alten Lösungen zu entfernen und frische zuzusetzen; besonders ist dieses beim Zink der Fall.

Bei längerem Gebrauche muß auch darauf gesehen werden, daß die Kupfervitriollösung immer ein wenig niedriger stehe, als die Säure; die Masse der Kupfervitriollösung vermehrt sich aber immer und man muß daher von Zeit zu Zeit mittelst einer Pipette einen Theil derselben herausnehmen, oder durch einen Heber dafür sorgen, daß das Niveau constant bleibt. Auch das schlammige Amalgam von Zink und einigen anderen als Verunreinigung des künstlichen Zinks darin enthaltenen Metallen muß man entfernen, wenn es sich etwa auf dem Boden des Gefäßes oder den Wänden der Zelle ansetzen sollte. Sowohl der zu hohe Stand der Kupfervitriollösung, wodurch diese durch die Zelle tritt, als der Schlamm vermindern die Wirkung der Säule und zerstören die Zellen durch Kupferablagerung in den Poren derselben.

Sollen mehrere solche Elemente verbunden werden, so können sie entweder zur Säule angeordnet werden, oder als ein einziges Element von eben soviel Mal größerer Oberfläche, als man Elemente hat. Im ersten Falle schraubt man mittelst Klemmschrauben, wie Fig. 597, das Kupfer des einen Paares an das Zink des anderen, wobei man die Elemente so gegen einander anordnet, daß die beiden Pole der Säule möglichst nahe neben einander zu liegen kommen, was natürlich je nach der Zahl der Elemente eine andere Stellung erfordert; im letzteren

Fig. 626.



Falle schraubt man einen Kupferstreifen, der an das Zink aller Elemente reicht, an dieselben, und ebenso einen Kupferstreifen, welcher das Kupfer aller Ele-

mente zu einem verbindet, an diese. Zweckmäßig ist es auch, ein mit einem Rande versehenes Tragbrettchen, Fig. 626, zu haben, welches gerade die vorhandene Zahl der Elemente in zweckmäßiger Anordnung faßt.

Die Grove'sche Kette. Anstatt Kupfer enthält dieselbe Platin 298 und bei diesem als Ladungsflüssigkeit concentrirte Salpetersäure, ist aber im Uebrigen angeordnet wie die Daniell'sche Kette, und hat beim Zink ebenfalls auf etwa $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{5}$ verdünnte Schwefelsäure. Braucht man sehr starke Ströme, so nimmt man die Schwefelsäure stärker, selbst nur zur Hälfte verdünnt; es kommt hierauf mehr an als auf die Stärke der Salpetersäure. Diese Kette giebt unter allen Combinationen für gleiche Größe den stärksten Strom, ist aber in der ersten Anschaffung theuer, doch nicht so theuer als man glauben sollte, wenn man auch hier an das Selbstmachen geht. Man kann nämlich Platin in sehr dünnem Bleche dazu verwenden, da es sich ja nur um die Oberfläche handelt, und von solchem Bleche kommen 40 bis 50 □ Zoll nicht über ungefähr 8 bis 9 Fl., wobei für die Fagon höchstens etwa $\frac{1}{6}$ des bleibenden Metallwerthes gerechnet ist. Allerdings ist solches Blech sehr dünn, allein Sorgfalt in der Behandlung der Apparate muß man sich ohnehin vor Allem angewöhnen. So dünnes Blech legt man, nach Warrentropp, sehr zweckmäßig um ein Stück eines abgesprengten Lampenglases und bindet es oben und unten mit feinem Platindrahte daran; oben legt man eine Ecke des Blechs in den Cylinder hinein und daran ein etwas stärkeres Stückchen Platinblech, welches an Kupfer gelöthet ist und überall, wo es das dünne Blech nicht zu berühren hat, gut mit Asphalt gefirnisset wird. Dieses Blechstück wird dann durch einen Lufdsicht eingepreßten und ebenfalls gefirnissigten Kork gegen das dünne Blech gedrückt. Noch besser hält das Platin, wenn man an dem Glasylinder zwei Einschnürungen anbringt und hier das Blech mittelst Platindraht anbindet. Der obere Draht wird sogleich an einen dickeren Kupferdraht gelöthet, Fig. 627. Da der Binddraht nur dünn sein

Fig. 627.



kann und Platin schlecht leitet, so löthet man an ihn zuerst mit Gold einen dickeren Draht und erst an diesen das Kupfer. Die Ladung mit concentrirter Salpetersäure, welche dabei zersetzt wird, kommt etwas theurer als der Verlust, den man für gleiche Stromstärke am Kupfervitriol der Daniell'schen Kette erleidet (versteht sich nach Abzug des gewonnenen Kupfers). Die Anfertigung geschieht bei stärkerem Platinblech am einfachsten so, daß man die ganze Disposition, wie sie im vorigen Paragraphen für die Daniell'sche Kette angegeben wurde, beibehält, und geradezu nur das Kupfer durch Platin ersetzt, wobei das Platinblech zwischen einen umgebogenen schmalen Kupferstreifen eingekietet wird. Besser

ist es, wenn man einen auf die Thonzelle passenden hölzernen Deckel macht und an dem Platinbleche in der Mitte einen Lappen hervorstecken läßt, Fig. 628, welchen man zwischen einen gleich breiten umgebogenen Kupferstreifen einmietet; in die Mitte des Deckels macht man sodann einen Schlit; und schneidet von diesem

Fig. 628.

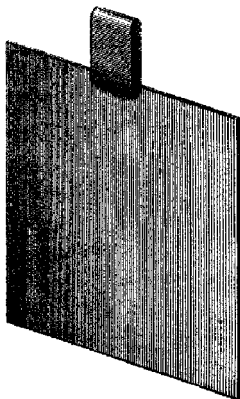


Fig. 630.



Fig. 629.



aus eine S-förmige, etwa $\frac{1}{2}$ Linie tiefe Rinne, Fig. 629, in den Deckel; durch den Schlit; wird der Kupferstreifen gesteckt, Fig. 630, das Platinblech S-förmig gebogen und in die Rinne gesteckt; zuletzt übergießt man die untere Seite des

Fig. 631.

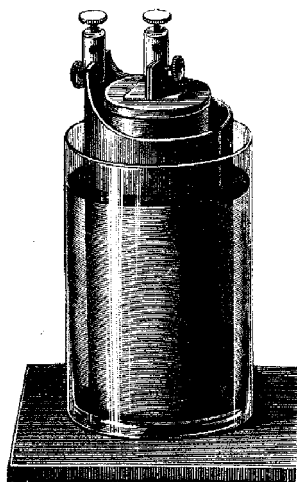
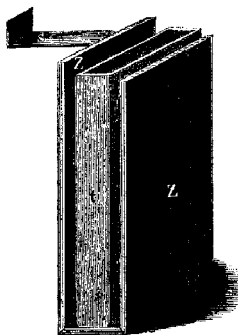


Fig. 632.



Deckels mit nicht zu sprödem Kolophonium, um das Platin in seiner Lage zu erhalten. Der Deckel hat noch den Vortheil, daß die salpetrigsauren Dämpfe mehr in der Thonzelle zurückgehalten werden. Die Platinbleche werden von 6 bis 20 Quadratzoll genommen. Will

man mehr darauf verwenden, so macht man besser mehrere Elemente, die man dann, wie bei der Daniell'schen Kette, nach Belieben zu einem einzigen Element

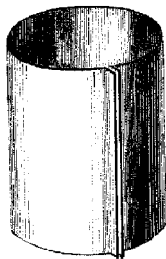
oder zur Säule combiniren kann. Die Verbindung geschieht entweder durch Kupferstreifen und Klemmschrauben, wie Fig. 598, oder durch dicke Kupferdrähte und Klemmschrauben, wie Fig. 597. Fig. 631 zeigt eine solche Kette in ihrer Zusammensetzung. Eine andere Form der Grove'schen Batterie zeigt Fig. 632. Die Zelle bildet hier einen parallelepipedischen Trög, um welchen das Zink herumgebogen ist. Das Platinblech wird hier gerade gelassen und ebenfalls in einen Deckel eingekittet. Als Gefäße kann man dennoch runde Gläser anwenden; sie dürften zweckmäßiger sein als hölzerne, ausgepichtete Tröge. An das Zink löthet man auch hier einen zweimal rechtwinklicht gebogenen Kupferstreifen, um daran sogleich das Platin der folgenden Zelle anschrauben zu können, auf welches zu dem Ende, auch wenn kein Deckel angewendet wird, dennoch ebenfalls eine Verstärkung von Kupfer oder Messingblech aufgenietet wird.

Nach dem Gebrauche eines solchen Elements muß man die Thonzelle besonders gut mit reinem Wasser auslaugen. Das Platinblech wird nur abgespült und am zweckmäßigsten in seiner wieder getrockneten Thonzelle aufbewahrt.

Die Bunsen'sche Zinkkohlenkette. Die Construction derselben kommt mit jener der Grove'schen Kette überein, nur wird das Platin durch Kohlenzylinder vertreten; die Ladung besteht ebenfalls aus mehr oder weniger verdünnter Schwefelsäure und concentrirter Salpetersäure. Die Kohlen erfordern eine besondere Zubereitung und nicht überall werden die passenden Kohlenarten leicht zu bekommen sein; ebenso ist das sogleich anzugebende Verhältniß nicht für alle Kohlenarten richtig.

Die Verfertigung geschieht auf folgende Weise. Man nimmt dem Gewichte nach zwei Theile Coaks und einen Theil Backkohlen, pulvert dieselben fein und siebt sie durch. Das Kohlenpulver kommt nun in eine Form aus Eisenblech, welche etwas weiter als das Glas, in welchem die Kohle gebraucht werden soll, und ebenso auch etwa um einen Zoll höher ist. Die Blechform wird nicht genietet, sondern der Rand etwa einen halben Zoll weit auswärts gebogen, um ihn durch ein paar Klammern zusammen zu halten, Fig. 633. Diese Form erhält zwei

Fig. 633.



Deckel, welche ebenfalls einen aufgebogenen Rand erhalten und nur aufgeschoben werden. Nachdem der eine derselben aufgeschoben ist, stellt man in die Blechform einen hohlen Cylinder von Pappe, so daß zwischen diesem und dem Bleche ein ringförmiger Raum von etwa 3 Centimeter Breite entsteht, und diesen füllt man nun mit Kohlenpulver, aber nicht fester an, als es sich durch einiges Rütteln von selbst setzt, steckt auch den zweiten Boden auf den Blechcylinder und verstreicht die Fugen mit Lehm. Eine Anzahl solcher gefüllter Blechcylinder werden nun in einem Ofen zwischen Holzkohlen rothglühend gemacht und so lange in der Gluthitze

erhalten, bis kein Kohlenwasserstoffgas mehr entweicht und verbrennt, was etwa $\frac{3}{4}$ Stunden erfordert. Nach dem Erkalten sind die Kohlen so fest, daß man sie auf der Drehbank bearbeiten kann. Sie werden hier auf allen Seiten ab-

Fig. 634.



gedreht und erhalten die Form Fig. 634. Die Länge des engeren Cylinders muß dabei etwas kürzer sein als die Höhe des Glases, damit der breitere obere Theil auf dem Rande des Glases aufsitze und dasselbe so auf der äußeren Seite verschließe; der engere Theil muß leicht in das Glas hineingehen. Auch innerhalb werden die Kohlencylinder ausgedreht und behalten am engeren Theile nur noch eine Stärke von 5 bis 6 Millimeter. Die Kohlencylinder werden auf der Drehbank in einem weitgeschlitzten hölzernen Hohlfutter mit eisernem verschiebbarem Ringe aufgespannt, eine Vorrichtung,

die jeder Drehseler kennt.

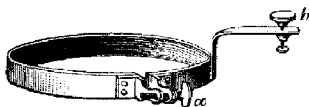
Nach dieser Bearbeitung taucht man die Kohlencylinder in Syrup oder stark eingekochten Steinkohlentheer und läßt sie von demselben gehörig durchdringen, worauf sie wieder getrocknet werden; nach dem Trocknen kommen sie zwischen Holzkohlenpulver in feuerfeste Ziegel, auf welche ein Thondeckel aufgekittet wird, und so giebt man sie einem Töpfer, damit er sie beim Brennen mitten unter sein Geschirre stelle. Diese Behandlung mit Theer muß 2 bis 3 mal wiederholt werden, wenn man recht feste und klingende, gut leitende Kohlen erhalten will.

Die Kohlencylinder erhalten nun noch einige schief von oben nach unten laufende Löcher von etwa 5 Millimeter Durchmesser, die man mit jedem Bohrer machen kann. Außerdem taucht man den erhitzten breiteren Rand derselben in geschmolzenes Wachs, damit er später keine Salpetersäure aufnehme. Besser als Wachs wirkt Kolophonium; man läßt die Kohlen zwei Stunden lang darin stehen und nimmt sie erst heraus, wenn das Harz beim Erkalten zähe wird. In jedem Falle muß die Kohle wieder mit dem Messer oder der Raspel gereinigt werden, so daß unüberzogene Kohle an der Oberfläche erscheint. An den breiteren Theil wird ein mit einem Ansätze versehenen, hart gelütheter oder vernieteter Kupferring, Fig. 635, aufgetrieben, was durch leichte Hammerschläge, wenn der Ring scharf paßt und die Kohle in der Hand gehalten wird, ohne Beschädigung der letzteren angeht. Man kann auch auf galvanoplastischem Wege einen Kupferring auf der Kohle erzeugen, ich halte aber dieses nicht gerade für empfehlenswerth. Besser, aber umständlicher ist es, wenn dieser Ring mit einer

Fig. 635.

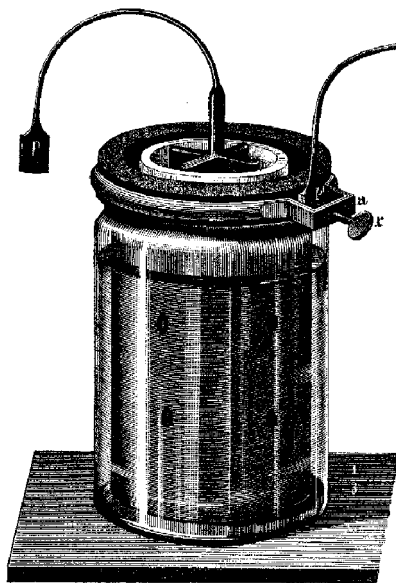


Fig. 636.



Zugschraube versehen ist, Fig. 636, wo man ihn dann nach jedesmaligem Gebrauche abnehmen und reinigen kann. Es ist dieses das einzige Mittel, die Ringe zu erhalten; selbst wenn die Kohlen in Harz eingeseht und die Ringe nachher noch in Guttapercha eingehüllt werden, gehen dieselben doch zu Grunde. Anstatt der in Fig. 636 abgebildeten Ringe hat Störker die in Fig. 637 an-

Fig. 637.



gegebenen angewendet, sie passen locker auf die Kohlen und das jeweils reingeschabte Kupferplättchen *p* wird durch die Schraube *r*, deren Mutter im Bügel *a* geschnitten ist, angepreßt. Der Verfasser bedient sich seit Jahren einfacher starker Kupferringe mit angelöthetem Verbindungsbleche, wie Fig. 638. Die Lappen *aa* werden durch eine Klemmschraube, wie Fig. 639, angezogen und der Ring legt sich dann fest genug um seine Kohle an. Man hat solche Ringe auch vergoldet, um sie vor der Säure zu schützen, allein die Säure findet bei aufgetriebenen Ringen doch bald ihren Weg zum Kupfer und bei abnehmbaren ist das Vergolden überflüssig.

Fig. 638.

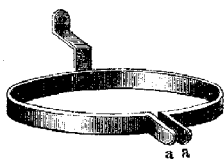


Fig. 639.



In jedem Falle ist es unzweckmäßig, den Zinkcylinder des folgenden Paares fest mit der Kohle des vorhergehenden zu verbinden. Es geschieht dieses viel besser durch Klemmschrauben, welche an dem vom Kupferringe kommenden Ausläufer angelöthet sein können, wie in Fig. 636. In diesem Falle kann die in Fig. 640 dargestellte Form der Klemmschrauben angewendet werden, wo der von der Kohle kommende Ansaß eine Verstärkung *aa* hat und die

Schrauben, welche an dem vom Kupferringe kommenden Ausläufer angelöthet sein können, wie in Fig. 636. In diesem Falle kann die in Fig. 640 dargestellte Form der Klemmschrauben angewendet werden, wo der von der Kohle kommende Ansaß eine Verstärkung *aa* hat und die

Fig. 640.



Schraube trägt, der vom Zink kommende aber geschliffen ist und unter den Schraubenkopf geschoben wird. Doch dürfte auch hier die Anwendung einfacher Bleche an den Elementen und gewöhnlicher Klemmschrauben vorzuziehen sein. Man hat dabei den Vortheil, die einzelnen Elemente nach Belieben combiniren zu können. Als Gläser können ebenfalls Zuckergläser verwendet werden, doch muß man für den Fall, daß das Zink in die Thonzelle kommt, darauf sehen, daß sie einen etwas stark eingezogenen Hals haben, damit sie außen um die Kohlen ziemlich Salpetersäure fassen, weil die Thonzellen möglichst genau — bis auf etwa 1 Millimeter Abstand — in die Kohlen passen sollen, wenn man das Maximum der Wirkung erhalten will. Meistens trifft man bei diesen Bunsen'schen Apparaten eigene Gläser von der Form wie Fig. 641 an. Fig. 642 zeigt für diesen Fall den ganzen Apparat im Durchschnitt.

Fig. 641.

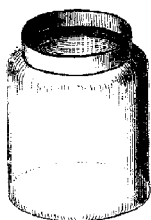


Fig. 643.

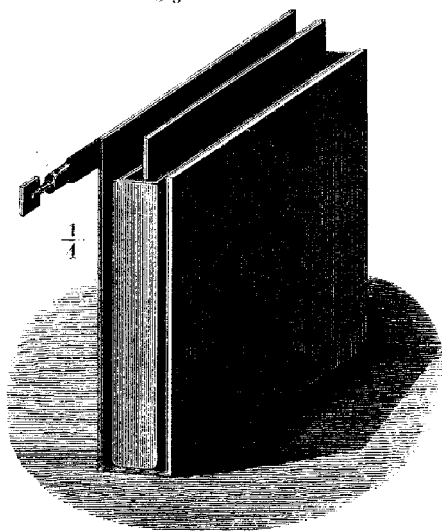


Fig. 642.

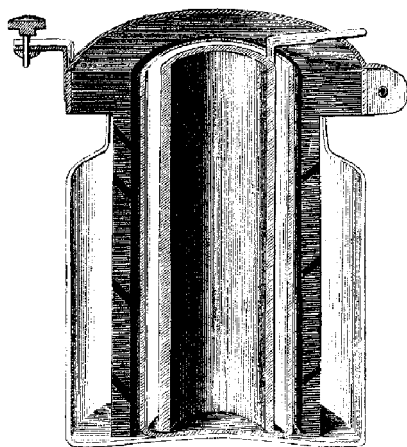
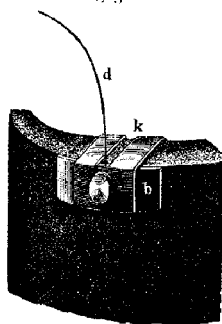


Fig. 644.



Häufig hat man jetzt auch Kohlenzinkelemente von der Form wie Fig. 643, wo dann die Kohlenplatte in die Thonzelle gesetzt wird. Conductoren werden an solche Platten am besten auf die in Fig. 644 dargestellte Weise angebracht, wo das Stück *k* die Schraubenmutter trägt und das Stück *b* den Draht *d*; *b* läßt sich leicht rein halten.

Nach dem, was oben über die Anfertigung der Kohlen gesagt ist, erscheint dieselbe schon ziemlich umständlich; sie erfordert aber auch meistens noch einige vorgängige Versuche, da je nach der Qualität der Steinkohlen das Verhältniß dieser zu den Coaks ein anderes sein muß, als das angegebene. Sind nämlich die Steinkohlen zu backend, so zerspringen die Cylinder beim ersten Glühen; sind sie es zu wenig, so erhalten sie nicht die gehörige Festigkeit und bleiben zerreiblich. Im ersteren Falle muß man verhältnißmäßig mehr, im letzteren weniger Coaks anwenden. Außerdem sind selbst gleich feste Kohlen keineswegs in ihrer electromotorischen Kraft gleich. Braucht man daher diese Kohlencylinder nicht in großer Zahl, so dürfte es zweckmäßiger sein, dieselben zu kaufen. Man erhält sie in vorzüglicher Qualität von Stührer in Dresden, und zwar das ganze Element mit Glas, sehr dickem Zink und Porzellanzelle, den Kupfer- ring zum Abschrauben, wie Fig. 636, und mit Klemmschrauben versehen zu 3 Thaler. In jeder Größe und Auswahl sind solche Elemente auch bei Eduard Greßler in Berlin zu etwas billigeren Preisen zu erhalten.

Die Anschaffungskosten solcher Elemente sind bei gleicher Wirksamkeit bedeutend geringer als bei Grove'schen Elementen. Allein die Kohlen verschlucken ein ziemliches Quantum Salpetersäure, welches beim nachherigen Auslaugen und Trocknen verloren geht; es beträgt wohl nahe $\frac{1}{3}$ der aufgewendeten Säure. Hat man concentrirte Säure angewendet, so kann man die Kohlen zuerst in ein wenig Wasser stellen und so noch eine stark verdünnte Säure auslaugen, welche noch anderweitig verwendbar ist, oder auch gebraucht werden kann, wenn man nur schwächere Ströme nöthig hat. Die Umwandlung in salpetrichte Säure ist natürlich verhältnißmäßig dieselbe, wie bei der Grove'schen Kette. Von salpetrichsauren Dämpfen hat man bei beiden — wenn die Grove'sche Kette mit einem Deckel versehen ist — ungefähr gleichviel zu leiden. (Daß Tabakrauch, namentlich der Rauch von Cigarren, für den Experimentator diesen letzteren Nebelstand vermindert, mag hier erwähnt werden.)

Braucht man die Batterie häufig und in kürzeren Zwischenräumen, so haben die Kohlen, wenn sie als äußeres Glied gebraucht werden, den Vortheil, daß man nur die Thonzellen zu entfernen hat, die Kohlen aber unbeschadet der Wirkung in der Salpetersäure stehen bleiben können, wo man dann nur einen Glasherben zum Zudecken nöthig hat und keine Säure durch das Auslaugen und Trocknen verliert. Frisch ausgelangte und getrocknete Kohlen haben zwar für

den Anfang etwas stärkere Wirkung, kommen aber nach kürzerer Zeit auf ihr gewöhnliches Maß herunter. Wenn man nur schwächere Ströme nöthig hat, welche aber sehr lange möglichst gleiche Stärke haben sollen, so kann man die Bunsen'sche Kette mit auf $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{15}$ dem Volumen nach verdünnter Schwefelsäure laden, und zwar sowohl bei den Kohlen als beim Zink; eine solche Kette hält vier Wochen lang ziemlich gleichmäßig.

Eine sehr wirksame, jedoch weniger constante Kette erhält man nach Osann, wenn man die Kohlenröhren zuerst mit Wasser gehörig ansäugt, dann in einer Lösung von kohlensaurem Natron kocht, wieder auswäscht und trocknet. Solche Kohlen werden sodann in künstliche Salpetersäure gestellt, bis das obere Ende von der Säure feucht wird, und ohne Anwendung von Thonzellen gerade in die beim Zink befindliche, auf $\frac{1}{15}$ bis $\frac{1}{20}$ verdünnte Schwefelsäure gesetzt. Letzterer setzt Osann selbst noch etwa $\frac{1}{80}$ Salpetersäure zu.

300 Die Zinkeisenkette. Bei derselben Combination, wie sie die Grove'sche Kette hat, kann das Platin durch Eisenblech ersetzt werden, nur muß dann sehr concentrirte Salpetersäure von einem specif. Gewichte = 1,4 angewendet werden. Man kann auch das Zink hierbei durch verzinnertes Eisenblech ersetzen, selbst in beide Flüssigkeiten Eisenblech bringen, und erhält einen kräftigen Strom. Trotz der Leichtigkeit, womit auf diese Weise galvanische Apparate gebaut werden können, kamen dieselben bis jetzt nicht so in Gebrauch, wie man nach den ersten Anpreisungen hätte erwarten sollen. Sie haben die Unbequemlichkeit, daß man stets darauf denken muß, ob auch die Salpetersäure noch stark genug sei, um das Eisen nicht anzugreifen; da dieselbe aber während des Gebrauchs der Kette stets schwächer wird, so kommt sie unversehens bei dem Punkte an, wo sie das Eisen plötzlich gewaltig angreift und sich ein Qualm von salpetrirter Säure aus dem Apparate entwickelt.

Außer den hier angeführten Ketten wurden und werden noch täglich in den Journalen neue Combinationen angepriesen; keine derselben konnte sich bis jetzt in den Laboratorien allgemeinen Eingang verschaffen, und dieselben können daher hier süglich übergangen werden.

301 Spannungsversuche mit der Säule. Wenn man hierzu ein empfindliches Goldblattelektrometer oder das Dellmann'sche verwendet, so kann man mit Hilfe des Condensators bei nur 8 bis 12 Paaren das Gesetz, daß die Spannung wie die Zahl der Plattenpaare wächst, recht wohl annähernd nachweisen. Man baut die Säule dazu nur mit befeuchtetem Fliesspapier auf und hält sie frei in der Hand; als oberste Platte nimmt man eine solche mit hervorstehendem Zappen und bringt diese mit dem aus demselben Metalle, wie die

oberste Platte, bestehenden Theile des Condensators in Berührung. Man kann nun entweder die ganze Säule wirken lassen, oder mit den Fingern der Hand, auf welcher die Säule steht, eine der Platten berühren und dadurch nur die oberhalb dieser befindlichen Platten wirken lassen. Wenn man so die Zahl der wirkenden Platten um je zwei steigen läßt, so bemerkt man am Elektrometer recht gut die Zunahme der Abstoßung. Ist das Elektrometer empfindlich, so darf man nicht leicht über 8 bis 12 Plattenpaare steigen, auch wenn man die Fließpapierscheiben nur mit Speichel befeuchtet. Wollte man Pappscheiben anwenden, so würde die Säule für dieses Verfahren zu hoch. In diesem Falle baut man sie in ihrem Gestelle auf und setzt die Platten durch isolirte Drähte mit dem Condensator in Verbindung. Für 40 bis 50 Paare kann man schon ein empfindliches Strohhalmelektrometer anwenden. Zamboni'sche Säulen wirken bei 1000 Plattenpaaren auf ein solches auch ohne Condensator.

Physiologische Wirkungen des elektrischen Stromes. 302

Fig. 645. 1) Der einfachste Versuch der Art besteht darin, daß der Strom eines



einzelnen Paares durch irgend einen Zweig des fünften Nervenpaares, das mit den Sehnerven communicirt, geleitet wird. Am bequemsten ist hierzu ein gestieltes Plattenpaar aus Zink und Kupfer von höchstens einem Zoll Durchmesser (Fig. 645); das Kupfer kann der Reinlichkeit wegen stark galvanisch versilbert werden. Diese Platten werden zwischen Kinnladen und Wangen in den Mund genommen, so daß sie mit ihrer Fläche an den beiden Kinnladen beiderseits außerhalb anliegen, und bei geschlossenem Munde die Stiele der Platten mit einander in Berührung gebracht. Bei jeder Berührung sieht man einen schwachen Blitz,

besonders wenn man die Augen geschlossen hält.

2) Dieselben Platten können auch dazu dienen, den bekannten eigenthümlichen Geschmack auf der Zunge hervorzurufen, wenn man die eine derselben auf die andere unter die Zunge bringt und die Stiele sodann in Berührung setzt.

3) Legt man auf ein Zinkblech ein kleineres Kupferblech oder eine Silbermünze und auf diese einen Blutegel, so sucht dieser fortzukriechen, fährt aber jedesmal zurück, sowie er mit der Zinkplatte in Berührung kommt.

4) Ein einzelnes Plattenpaar bringt im Menschen noch keine Erschütterung hervor, diese Wirkung hängt von der Zahl der Platten ab; doch wird sie bei 10 bis 12 Paaren schon merklich und bei 50 bis 60 schon sehr empfindlich, besonders wenn man die Hände mit angesäuertem Wasser benetzt und metallene Handgriffe, wie Fig. 646 (a. f. S.), faßt, um mit den ein paar Zoll langen daran gelötheten dicken Drähten die Pole zu berühren. Diese Handgriffe werden aus starkem Messingbleche verfertigt, und es ist zweckmäßig, die Drähte durch

dieselben durchgehen zu lassen, um sie an beiden Böden festzulöthen, weil sie sonst bald lose werden. Wenn man die Drähte hart an den einen Boden löthet, so ist diese Vorsicht freilich nicht nöthig. Daß man die Griffe auch beiderseits offen lassen und den Draht an die Wand anlöthen kann, versteht sich wohl von selbst;

Fig. 646. doch erspart man nicht viel und es sieht weniger gut aus, allein man kann dann das Ganze eher selbst machen. Bei einer noch kräftigen Säule von 50 bis 60 Paaren wird es nicht gelingen, dieselbe mittelst der angeführten Handgriffe geschlossen zu erhalten, indem die Erschütterung, welche beim Schließen eintritt, immer wieder das Oeffnen der Kette zur Folge hat. Wenn nach einiger Zeit die Schläge schwächer geworden sind und man die Kette geschlossen halten kann, so erregt der Strom eine saufende Empfindung in den Fingern und den Handgelenken. Leitet man von den Polen kommende Drähte in zwei Schüsseln mit angesäuertem Wasser, so kann man die Hände hier eintauchen und dadurch die Kette schließen. In diesem Falle ist es zweckmäßig, an den von den Polen kommenden Drähten Bleche von etwa 4 Quadratzoll anzuschrauben und diese in die Flüssigkeit zu tauchen, damit die Berührungsfläche größer wird. Der Schlag geht auch durch einige Personen durch, wenn diese einander mit bewegten Händen anfassen, doch wird er hierdurch sehr geschwächt.

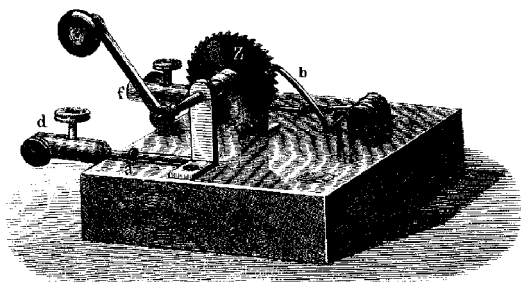


303 **Das Blitzrad.** Die Wirkung ganz schwacher Erschütterungen wird bis zur Unerträglichkeit gesteigert, wenn dieselben sehr rasch nach einander folgen. Es muß hierzu der Strom rasch nach einander geöffnet und geschlossen werden. Man kann dieses sehr einfach dadurch erreichen, daß man den von dem einen Pole kommenden Draht an eine Holzfeile anschraubt und den vom anderen Pole kommenden Draht über die Feile wegführt, wodurch der Strom sehr rasch nach einander unterbrochen und wieder geschlossen wird. Schaltet man nun den Körper, durch welchen die Erschütterung gehen soll, irgendwo in den Schließungsdraht ein, so erfolgt dieselbe ebenso rasch auf einander.

Regelmäßiger werden die Unterbrechungen und die Schnelligkeit ihrer Aufeinanderfolge willkürlicher, wenn man einen Apparat wie Fig. 647 in den Strom einschaltet. Er besteht aus dem Steigrade einer Uhr, dessen eiserne Axe auf zwei auf einem Brette befestigten messingenen Ständern ruht, mit deren einem der Draht *a* in Verbindung steht, während ein zweiter Draht *b* federnd auf den Zähnen des Rades ruht. Die beiden Drähte sind durch ein paar Drahthaften auf das Grundbrett befestigt. So oft der federnde Draht beim Umdrehen des Rades über einen Zahn abfällt, wird der Strom unterbrochen, in welchen man den Apparat einschaltet.

Um die Verührung besser herzustellen, kann man die Zähne des Rades amalgamiren; es geschieht dieses einfach dadurch, daß man ein mit Salz- oder Salpetersäure befeuchtetes Hölzchen oder Papierstreifen während einer Umdrehung daran hält und dann die Zähne durch Quecksilber laufen läßt, welches in einem Schälchen darunter gehalten wird. Ueberall wird die Säure nachher mit Fließ-

Fig. 647.



papier wieder weggeputzt, wodurch sich auch das Quecksilber besser ausbreitet. Man kann die Drähte *a* und *b* an Klemmschrauben *d*, *f*, welche an dem Apparat bleiben, befestigen, wenn man mehr Zeit auf solche Bequemlichkeiten verwenden kann.

Das Blitgrad, wie es von Reef angegeben wurde, hat statt des Rades eine kreisförmige Messingscheibe, die an ihrem Rande statt der Zähne rechteckige Ausschnitte hat, welche wieder mit Wux und Ebenholz ausgelegt sind; letzteres wird mit der Scheibe abgedreht; der Draht *b*, welcher in Fig. 647 in eine Spirale gewunden ist, braucht hier viel weniger zu federn, wenn er nur stets auf dem Umfange der Scheibe aufliegt. Ein solcher Apparat hat auch noch den Vorzug, daß er kein Geräusch macht, wie der in Fig. 647 abgebildete, aber den Nachtheil, daß sich gern Metalltheile auf das Ebenholz schleppen und dadurch dasselbe leitend machen.

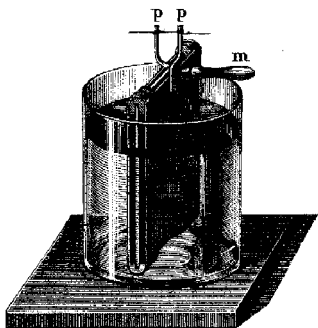
Andere Unterbrechungsapparate werden bei den Inductionsversuchen beschrieben werden.

Physikalische Wirkungen der Säule. Funken- und 304

Wärmeentwicklung. Eigentlich elektrische Funken von bemerkbarer Schlagweite erhält man nur von ganz großen Apparaten und durch Induction; die meiste Lichtentwicklung rührt von Verbrennung der Drahtenden her, mit welchen die Kette geschlossen wird, namentlich von Verbrennung des Quecksilbers, wenn die Drähte amalgamirt sind oder in Quecksilbernäpfe getaucht werden. Die Funken werden

bei der Trennung des Stromes um so lebhafter, je länger und dicker der Schließungsdraht ist. Ist nämlich ein Theil des Schließungsbogens zu dünn, um die vorhandene Electricität zu leiten, so erhitzt er sich und kann selbst glühend und geschmolzen oder verflüchtigt werden, je nach seiner Natur; es geschieht dieses um so eher, je dünner und kürzer das Stück ist und je größer die Plattenpaare sind; ein einzelnes Wollaston'sches Paar von der oben angegebenen Größe, welches

Fig. 648.



man, wie Fig. 648 zeigt, mit einer an einen angelötheten Draht gesteckten Handhabe *m* versieht, und wo man zwischen Kupfer und Zink einen haarfeinen Platindraht *pp* einspannt, reicht zu diesem Versuche aus; der Platindraht wird glühend, so oft man das Element in die gewöhnliche Flüssigkeit eintaucht, wenn der Platindraht sehr fein und nur etwa $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll lang ist. Ein Bunsen'sches Element leistet noch mehr. Will man längere und stärkere Drähte glühend machen, so darf man dieselben nur an den einen Polardraht einer starken

Volta'schen Batterie binden und damit die Kette schließen. Auf die in §. 297 Nr. 5 angegebene Weise wird man sich leicht Eisendrähte verschaffen, die dünn genug sind, um durch die zu Gebot stehenden Mittel glühend gemacht oder geschmolzen zu werden. Für das Schmelzen von Spiralfedern aus Taschenuhren sind schon noch etwas kräftigere Ketten als eine einfache Wollaston'sche erforderlich. Es ist übrigens am zweckmäßigsten, den zu einem solchen Versuche bestimmten Draht in die Klemmen *b* des sogleich näher zu beschreibenden Stativs einzuschrauben.

Wenn man an einer Säule einen kurzen geraden Draht einschraubt und darauf ein Stück echtes und unechtes Blattgold oder Blattsilber hängt und an diesem die Kette zu schließen sucht, so verbrennt jedesmal das berührte Theilchen des dünnen Metalls, so oft man die Kette schließt; sie wird aber auch dadurch wieder geöffnet, und wenn man daher mit dem vom anderen Pole kommenden Draht wie mit einem Messer durch das Goldblatt fährt, so brennt sich derselbe unter lebhaften Funken einen Weg durch das Metall, so daß man auf diese Art beliebige Stücke von ihm gleichsam herunterschneiden kann. Ueberhaupt geben diese Verbrennungen sehr lebhafte Lichtentwicklung, so z. B., wenn man den einen Pol mit einer Feile verbindet und mit einem dünnen an dem vom anderen Pole kommenden Leiter befestigten Drahte über die Feile fährt, wobei ein lebhaftes Funkensprühen sich zeigt; ebenso wenn man mit amalgamirten Drähten

die Kette schließt oder öffnet. Um das blendende Licht zu erhalten, welches zwischen Kohlenspitzen im Schließungsbogen entsteht, muß man eine Säule von 12 bis 24 guten Bunsen'schen Elementen von der oben angegebenen Größe anwenden. Man nimmt dazu cylindrische Kohlenstücke von $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser und 2 Zoll Länge, die man einerseits zugspitzt; sie werden entweder aus derselben Masse wie die Bunsen'schen Kohlen oder aus Coaks verfertigt. Holzkohlen leiten die Elektricität nicht gut genug und sind nur bei ganz großen Batterien brauchbar. In Gasretorten bilden sich ungemein harte Kohlen, die fest am Eisen haften, auch diese geben sehr gutes Material für diesen Versuch. Die Polardrähte werden mehrfach um dieselben gewickelt, um sie an einer ziemlich großen Fläche mit den Kohlen in Verührung zu bringen, und dann die Kohlen mit ihren Spitzen gegeneinander gehalten. Kann man über 40 bis 50 solcher Elemente oder Grove'scher von entsprechender Größe verfügen, so kann man die Kohlenspitzen, wenn sie glühend geworden sind, bis auf $\frac{1}{4}$ Zoll von einander entfernen, und erhält dann zwischen ihnen einen Lichtbogen von blendender Helligkeit. Gespitzte Drähte, die man mit Lampenruß überzieht, zeigen beim Schließen der Kette ebenfalls ein lebhaftes Licht.

Da bei diesen Versuchen die Kohlen in gleicher Entfernung bleiben müssen und man auch die Einwirkung des Magneten auf den Lichtbogen zu zeigen hat, so ist ein Stativ, wie Fig. 649, sehr bequem. Auf dem ovalen Brette A befinden sich zwei starke Stäbe eingeschraubt und an diesen vier verstellbare Klemmen.

Fig. 649.

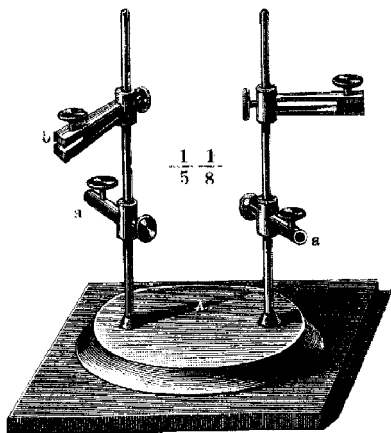
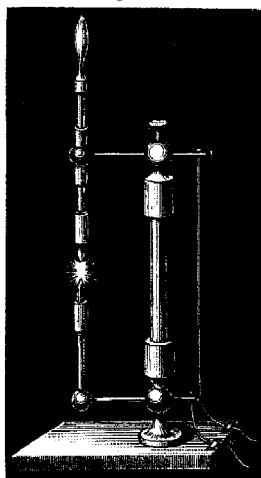


Fig. 650.



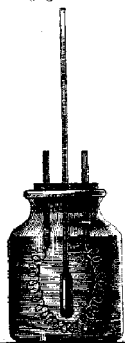
Durch zwei derselben *aa* wird der Strom zugeleitet und in die zwei anderen *bb* schraubt man die Drähte mit den Kohlen. Man kann hier auch die Drähte

einschrauben, welche gegläht oder geschmolzen werden sollen; solche Klemmen sind namentlich für dünne Drähte bequem, da letztere gern den Druckschrauben ausweichen. Man kann die Kohlen auch sogleich in die erforderliche Stellung bringen und dann durch sie eine Leydner Flasche entladen, worauf sofort der Strom eintritt. Wollte man sich für diesen Versuch ein eigenes Stativ machen lassen, so könnte es nach Anleitung von Fig. 650 (a. v. S.) geschehen; bei demselben sind die Kohlen in federnde metallene Röhren eingesetzt, wovon die obere an einem Stiele sich befindet, der sich in einer federnden Hülse leicht auf- und abschieben läßt. Das Mittelfstück der Säule ist von Glas *).

305

Wollte man das Gesetz von Joule über die in den Leitungsdrähten entwickelte Wärme durch Versuche anschaulich machen, so wäre hierfür der Apparat Fig. 651 sehr brauchbar. Derselbe besteht in einem Pulverglase, durch dessen Pfropf ein Thermometer und zwei dicke Kupfer- oder Silberdrähte geführt sind. Diese Drähte sind unten durchbohrt, um die zu untersuchenden Drähte einzuführen; letztere werden dann durch kleine nach der Länge des Drahtes gestellte Klemmschraubchen befestigt. Das Gefäß wird mit rectificirtem Wein- geist gefüllt.

Fig. 651.



306

Sprengversuch. Um diesen Versuch im Kleinen anzustellen, nimmt man eine Glasröhre von etwa 1 Centimeter Weite und 3 Centimeter Länge, erweitert ihre Enden etwas an der Lampe und sucht gut passende Korkstöpselchen dazu aus. Durch den einen steckt man in möglichster Entfernung von einander die bloßgelegten Enden zweier sonst gut überspinnener und gefirnister Kupferdrähte, so daß sie etwa $\frac{1}{2}$ Centimeter über den Pfropf hervorstehen, schabt sie hier rein und bindet einen feinen Eisendraht daran, der vorher mit Puzpapier gereinigt wurde. Man kann den Eisendraht nachher noch am Kupferdraht mit dem Kolben verlöthen. Der Kork wird nun fest in die Glasröhre eingedrückt und sorgfältig verkittet. Die Röhre schüttet man so weit voll Jagdpulver, daß dieselbe nur noch Raum für den anderen Stöpsel hat, worauf man auch diesen einsteckt und verkittet, indem man ihn in geschmolzenes Harz taucht. Die wohl gefirnisten Drähte

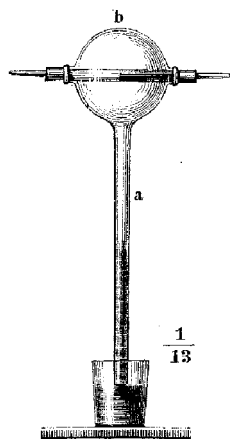
*) Beschreibung und Abbildung eines wirklichen Apparates für elektrisches Licht müssen hier übergangen werden, da diese Apparate doch nur vom Mechanikus bezogen werden und in ihrer Einrichtung so unendlich verschieden sind, daß über deren Behandlung keine allgemeine Anleitung gegeben werden kann.

werden außerhalb der Patrone zusammengebunden und, so weit sie in das Wasser kommen sollen, nochmals unwickelt und nochmals gefirnißt. Damit der Firniß gehörig trocknet, sind diese Vorbereitungen mehrere Wochen vorher zu machen, ehe man zum Versuche schreitet. Man legt beim Versuche die Patrone in einen Kübel voll Wasser, den man mit einem Brette bedeckt, und leitet aus hinreichender Ferne durch die überspannenen Drähte einen zur Schmelzung des Eisendrahtes hinreichend starken Strom. Man macht den Versuch am besten im Freien, in einem Hofe; hinter jedem Brette ist man vor Glassplintern oder Wasser sicher, auch wenn der Kübel nicht bedeckt wäre; der Kübel wird dabei beinahe nur auseinander gelegt. Soll der Versuch im Zimmer gemacht werden, so stellt man den Kübel mit dem Wasser in einen leeren etwas größeren Kübel auf ein paar Stückchen Holz.

Kälteerregung durch den elektrischen Strom. Röhre 307

man ein Stäbchen aus Wismuth und ein Stäbchen aus Spießglanz, jedes etwa von 2 bis 4 Quadratlinien Querschnitt, aneinander, und leitet einen Strom durch dieselben, so entsteht an der Röhstelle eine Temperaturenniedrigung, wenn der Strom vom Wismuth zum Spießglanz geht; umgekehrt wird die Röhstelle erwärmt. Man muß die beiden Stäbchen, nach-

Fig. 652.

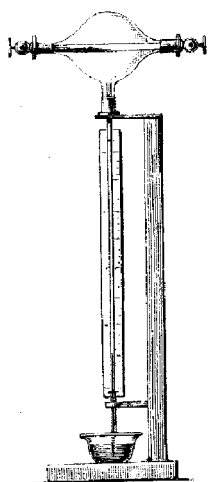


dem an jedes ein kurzer Kupferdraht behufs der weiteren Verbindung angelöthet ist, luftdicht durch eine etwa 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll weite Röhre von Glas leiten, an welche, wie beim Luftpthermometer, eine Röhre angeschmolzen ist, Fig. 652. Bei dem Anlöthen des Kupfers an Wismuth muß jenes vorher mit Loth verzinn't werden, was auch vom Spießglanz gilt. Das Einfitten geschieht am besten durch wiederholtes Auftragen von dicker Siegelacklösung, da man die Stäbchen kaum so weit erwärmen kann, als zum Ritten mit Siegelack erforderlich ist. Mit Gyps zu fitten, taugt nichts, da Gyps zu porös ist. Man stellt dann die Röhre a in ein Glas mit gefärbtem Wasser, erwärmt die Kugel b etwas mit der Hand, um Luftblasen auszutreiben und die Flüssigkeit in die

Röhre aufsteigen zu lassen. Die Stelle, bis zu welcher die Flüssigkeit steigt, wird mit einem Faden bezeichnet und der Apparat an irgend einem Gestelle senkrecht befestigt. Mittels Klemmschrauben leitet man nun einen Strom durch die Kugel b, welcher zuerst durch einen Commutator geführt wurde, und man wird beim Umkehren rasche Aenderung im Stande der Flüssigkeit bemerken.

Ein einzelnes Wollaston'sches Element ist hierzu sehr bequem, da man nach Belieben, ohne irgend einen Theil des Apparates auszulösen, mehr Flüssigkeit

Fig. 653.



308

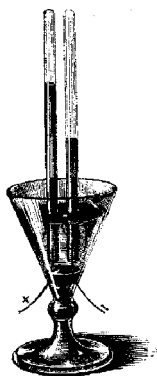
in das Glas desselben gießen oder durch eine Pipette davon herausnehmen kann, um diejenige Stromstärke zu bewirken, bei welcher die Wirkung am stärksten ist. Ein sehr starker Strom bewirkt nämlich in jeder Richtung eine Erwärmung des Leiters. Will man dem Apparate ein eigenes Ge-
stelle geben, an welchem die Röhre sich vor einer willkürlichen Scale befindet, so muß man darauf sehen, daß man die Kugel mit der Röhre leicht aus der Flüssigkeit herausheben könne, um sie sowohl als das Glas zu entleeren. Fig. 653 zeigt einen solchen Apparat mit Gestelle, wo auch die Enden der Stäbe angelöthete Klemmschrauben haben.

Chemische Wirkungen der Säule.

Wasserzeretzung. Ein sehr einfacher Apparat zur Wasserzeretzung ist in Fig. 654 abgebildet. In ein gewöhnliches Ketzglas bohrt man

mit einem Stahlstifte und Terpentinöl zwei gegenüberstehende Löcher von etwa einer halben Linie Durchmesser, führt durch kleine Korbstöpselchen Platindrähte und kittet die Stöpsel mit Siegelack in die Oeffnungen; doch ist letzteres, wenn der Kork gut ist, nicht durchaus nöthig. Man kann auch die Löcher so fein bohren, daß Siegelack allein ausreicht. Um den Fuß des Glases bindet man einen Draht, dessen Enden

Fig. 654.

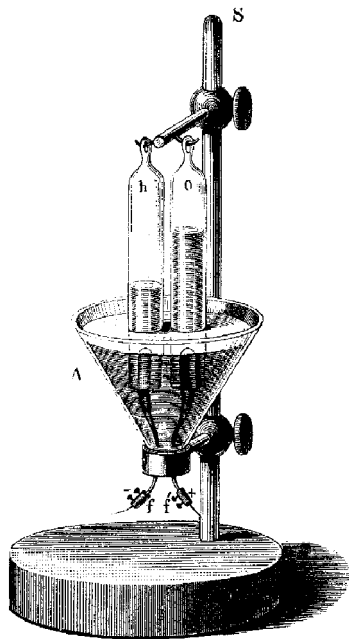


nach oben zwei Haken bilden, an welche man einerseits zuge schmolzene Glasröhrchen von etwa 2 Linien innerer Weite so aufhängt, daß in jedes das aufwärts gerichtete Ende eines Drahtes etwa 2 Linien weit hineinragt; bis zum Röhrchen werden die Drähte mit Siegelack überzogen. Da nur die freien Enden von Platin zu sein brauchen, so kann man kurze Stückchen davon an Kupferdrähte löthen. Letzteres ist auch darum zweckmäßig, weil man dicke Drähte besser durch Klemmschrauben an die Polardrähte befestigen kann.

Will man sich nicht damit abgeben, Löcher in das Glas zu bohren, so kann man die Drähte durch kleine Stückchen Holz gehen lassen, welche man mit einem Einschnitte auf den Rand des Glases aufkittet, und dann die Drähte so krümmt

daß sie an der inneren Wand des Glases herablaufen und sich wieder nach oben richten; wenn die Drähte ihre gehörige Richtung haben, werden sie erwärmt und mit Siegelack bestrichen. Auch in Glasröhren kann man die Platindrähte stecken, sie am einzutauchenden Ende um das Platin herum zuschmelzen, nachher entsprechend biegen und, wie vorher die Drähte allein, in einem Stückchen Holz befestigen. In jedem Falle müssen die Drähte einander so nahe gebracht werden, daß die als Auffangglöckchen dienenden Glasröhrchen dicht aneinander hängen. Letztere kann man mit gläsernen Ringchen versehen. Eine andere Form des Apparates zeigt Fig. 655. Von einem etwas weiten Glasrichter *A* ist die

Fig. 655.



Röhre bis auf 1 Zoll abgesprengt; der untere Rand wird dann an der Lampe etwas erweitert, um einen Kork fest einpassen zu können, durch welchen die Drähte mit den schmalen Platinblechen geführt werden, worauf man geschmolzenes Wachs auf den Kork gießt. Außerhalb werden an die Platindrähte stärkere Kupferdrähte gelöthet. Der Trichter erhält eine Fassung von Holz, und ein Stativ trägt ihn und die Glasröhrchen *h, o*.

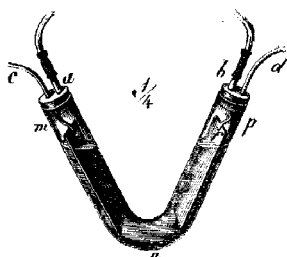
In das Glas kommt schwach angesäuertes Wasser, und mit diesem werden auch die Glasröhrchen gefüllt. Letztere nimmt man von gleicher Weite, um den Unterschied der in jedem entwickelten Gasmenge sehen zu können. Um die Art der Gase noch näher nachzuweisen, läßt man die Glasröhrchen voll werden und nimmt dieselben mit dem Finger verschlossen heraus; der Wasserstoff wird angezündet und in

den Sauerstoff steckt man einen glimmenden Spahn.

Will man die Gase in größerer Quantität erhalten, so kann man dieses sehr einfach durch den in Fig. 656 (a. f. S.) abgebildeten Apparat erreichen. Eine Glasröhre von 4 bis 6 Linien Weite wird wie *mnp* gebogen, sodann durch Kork, welche darein passen, die Glasröhrchen *ab* und die Platindrähte *cd* luftdicht durchgeführt (verfittet); an den Drähten *cd* befinden sich die schmalen Platinplatten *ef* (welche man auch zu anderen Versuchen braucht); letztere langen bis beinahe in die Biegung der Glasröhre hinunter, und an die Glas-

röhrchen *ab* werden mittelst Kautschuk andere passend gebogene Glasröhrchen befestigt, die unter zwei kleine — allenfalls graduirte — mit Wasser gefüllte

Fig. 656.



und in Wasser umgestürzte, einerseits zugeschnolzene Glasröhrchen, kurz in einen kleinen pneumatischen Apparat führen. Durch die Anwendung solcher Platinplatten erhält man eine große Oberfläche und also einen verstärkten Strom, doch nicht in dem Maße, wie bei dem folgenden Apparate.

Ein bequemes Gestell, um solche gebogene Glasröhren zu befestigen, zeigt Fig. 657.

Will man die beiden Gase nicht getrennt erhalten, so kann man den Apparat Fig. 658 anwenden. Er besteht aus einem etwas großen sogenannten Opodeldocglase, welches mit einem Korkpfropfen

Fig. 657.

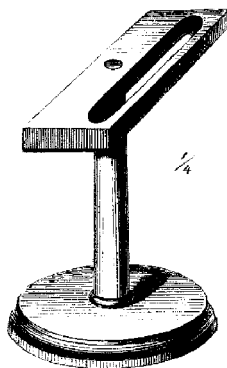
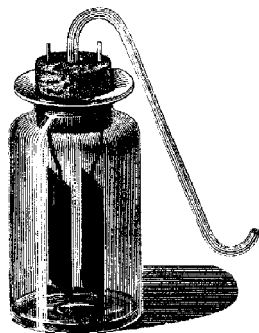


Fig. 658.

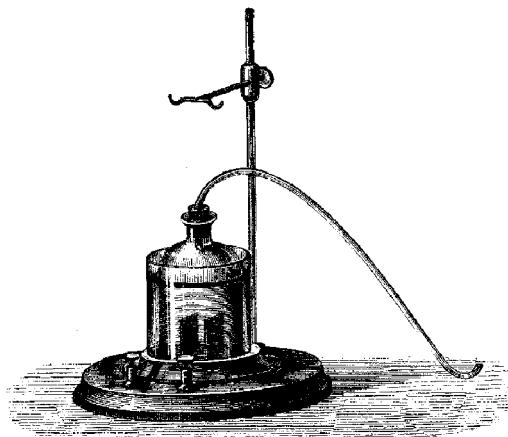


versehen wird. Durch den Pfropf führt man zwei mit Siegellack überzogene oder in Glasröhrchen eingefittete Kupferdrähte, an welche Platinbleche angelöthet sind, und eine S-förmig gekrümmte Röhre von Glas oder Metall, welche nur gerade durch den Pfropf reicht. — Man kann auch ein gerades Metallröhrchen einsetzen, was beim Einstecken des Pfropfes weniger hindert, und ein gekrümmtes Glasrohr durch Kautschuk daransetzen. Der Pfropf wird unterhalb, sowie die Kupferdrähte, bis an die Platinbleche mit Siegellack überzogen und die Bleche werden einander recht nahe gerückt. Das Glas wird mit schwach angesäuertem Wasser gefüllt und der Pfropf sodann hineingesetzt. Die Poldrähte werden an die hervorstehenden Enden der Kupferdrähte geschraubt. Besser

ist es, Platindrähte mittelst Gold an die Platten zu löthen, und erst an die Platindrähte außerhalb des Pfropfes dickere Kupferdrähte, da letztere trotz des Ueberzugs mit Siegelack angegriffen werden, weil der Ueberzug eben Risse bekommt. Man könnte auch das Platin mit Silber löthen, aber mit Gold gelöthete Platten können in jede Säure gebracht werden. Man muß zu diesen Versuchen immer mehrere, 6 bis 12, zur Säule verbundene Elemente nehmen, da das Wasser vielen Widerstand leistet, wenn man reichlich Gas erhalten will, obwohl die Zersetzung schon mit 2 bis 3 Elementen beginnt. Man kann nun das entwickelte Gas in einem sogenannten pneumatischen Apparate auffangen, oder dasselbe in Seifenwasser leiten und die einzelnen Blasen, wenn sie sich vom Röhrchen losgemacht haben, sogleich mit einem Spährchen anzünden. Ihr Knall ist immer puffernder, als der von sonst zusammengemengtem Knallgase in gleicher Quantität.

Für Messungen ist es aber nothwendig, daß die Platinplatten jedenfalls stets unter der Oberfläche der Flüssigkeit bleiben, weil sie sonst eine theilweise Wiedervereinigung der beiden Gase bewirken würden. Am zweckmäßigsten scheint die in Fig. 659 abgebildete Form des Apparates zu sein. Es sind in den Boden des Glaschylinders zwei Löcher gebohrt, welche anfänglich von Außen

Fig. 659.



weiter gehalten, zuletzt aber nur gerade so weit sind, um die von den Blechen kommenden Platindrähte durchzulassen. Siegelacklösung dient dann zum vollständigen Einkitten. An die Platindrähte sind Kupferdrähte gelöthet und diese führen unter der Fassung, in welcher der Glaschylinder steht, fort zu den Klemm-

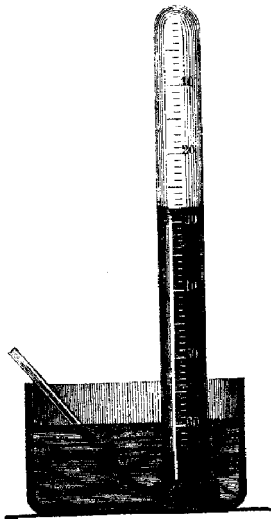
schrauben, welche auf einem breiteren Brette stehen, auf welches die Fassung des Cylinders durch Holzschrauben befestigt ist. Ueber die Platinbleche kann nun eine Glasglocke gestellt werden, welche beide Gase gemengt ableitet. Eine solche kleine Glocke erhält man leicht, wenn man einem gewöhnlichen kleinen Standglase den Boden absprengt. Die Abführungsröhre läßt sich hier mittelst Kork und Siegellack fest machen. Will man aber die Gase getrennt erhalten, so bringt man über jedes Platinblech ein besonderes Glöckchen; diese aus Glasröhren gefertigten Glöckchen können dann an einem Träger aufgehängt werden, welcher auf demselben Brette befestigt ist. Die Glocke für das Gasgemenge soll nicht höher sein, als daß sie bis an den Hals in den Cylinder hineingeht. Je weniger nämlich atmosphärische Luft oben in der Glocke ist, desto eher erhält man das Knallgas rein von fremden Bestandtheilen.

Für Messungen muß die geaichte Glasröhre, welche das Gas aufnehmen soll, auf passende Weise befestigt werden; es geschieht dieses am besten an einem besondern Stative. Man kann auch einen in die Röhre passenden Kork, wie

Fig. 660.



Fig. 661.



660, zuschneiden und denselben in die Röhre stecken, durch den Einschnitt wird dann das Gas eingeleitet, wie Fig. 661 zeigt. Man läßt dann die eingetheilte Glasröhre oberhalb durch einen an besondern Stative befestigten Drahttringe gehen; sie kann so sehr leicht weggenommen und wieder an ihren Platz gebracht werden.

Zündet man die Blasen an, so darf dieses nie gerade über dem Röhrchen geschehen, weil sich die Explosion in den Gasentwicklungsapparat fortpflanzen könnte; man schiebt die Blasen behufs des Anzündens immer erst an den Rand des Gefäßes.

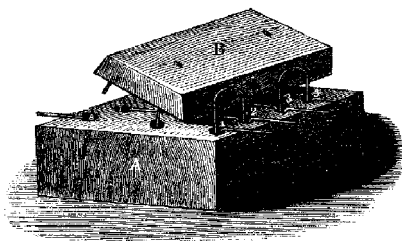
Statt der Platinbleche kann man auch Eisenbleche verwenden, wobei aber als Flüssigkeit eine Lösung von 1 Gewichtstheil Aegkali auf 9 Theile Wasser genommen werden muß. Solche Eisenbleche kann man wie die Platten einer Hare'schen Spirale aufwickeln, wodurch ihre Oberfläche sehr vergrößert wird, was auch die zerlegte Wassermenge vergrößert. Bei kräftigen Elementen kann man Terpentinöl auf die Aegkalilösung gießen, um das Blasenwerfen zu verhüten. Doch kann man dieser

Einrichtung wenigstens dann nicht vor Platin den Vorzug geben, wenn es sich um Messungen handelt. Nimmt man Platin, so darf kein schon zur Ladung eines Elementes gebrauchtes, also mit Zinksalz verunreinigtes, gefäurtes Wasser dazu genommen werden, weil sonst der negative Pol mit ausgeschiedenem metallischem Zink schwarz überzogen wird und sich hier kein Gas auscheidet.

Anstatt die durch Wasserzerlegung erhaltenen Gase zu messen, kann man auch das durch sie verdrängte Wasser messen, oder andere chemische Zerlegungen — wie in Poggendorff's Silbervoltameter — anwenden, allein das liegt über den diesem Buche gesteckten Grenzen.

Um die bei der Wasserzerlegung an den Platinplatten auftretende Polarisation zu zeigen, dient die in Fig. 662 gegebene einfache Nachbildung der Poggendorff'schen Wippe. Das Grundbrettchen *A* derselben hat acht Que-

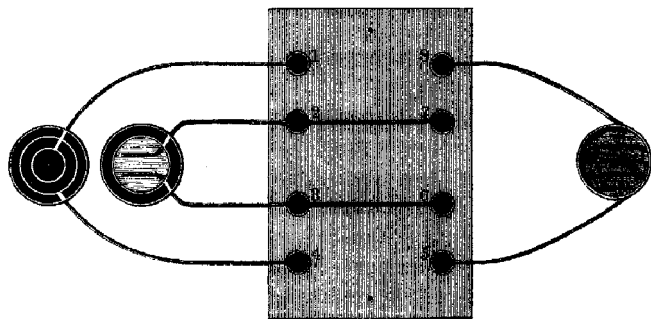
Fig. 662.



silbernäpfe, von welchen 2 u. 7 und 3 u. 6 mit einander durch Kupferdrähte verbunden sind. 1 u. 4 sind mit der Kette, 2 u. 3 mit dem Wasserzerlegungsapparate, 5 u. 8 mit dem Galvanometer verbunden, wie Fig. 663 schematisch zeigt. Das Brettchen *B* steht auf zwei Drahtstiften in kleinen

tonischen Vertiefungen von *A* und trägt vier amalgamirte Kupferbügel. Hierdurch können die Näpfe 1 u. 2, 3 u. 4 verbunden werden, wodurch die Wasserzerlegung beginnt und die Platinplatten polarisirt werden; legt man aber die

Fig. 663.

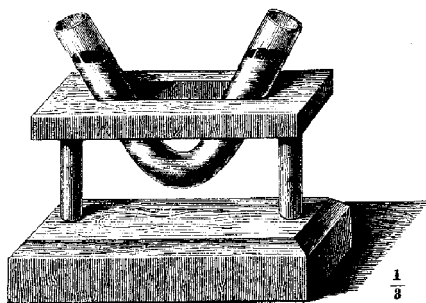


Wippe um, so wird die Verbindung mit der Kette aufgehoben und es werden 5 u. 6, 7 u. 8 mit einander verbunden, wodurch die Platinplatten des Wasserzersetzungapparates mit dem Multiplicator in Verbindung kommen.

- 310 Chlorstickstoffexplosion.** Wenn man die Poldrähte einer Bunsen'schen Säule von 6 bis 8 Elementen mit Platinplatten verieht und in eine sehr concentrirte Salmiaklösung taucht (die positive Platte etwas schief), so entwickelt sich an der positiven Platte Chlorstickstoff. Ist nun die Salmiaklösung mit Terpentinöl bedeckt, so explodiren die kleinen gelben Tröpfchen des Chlorstickstoffs, sowie sie in das Terpentinöl aufsteigen, sehr lebhaft. Wenn die Flüssigkeit erwärmt ist, gelingt der Versuch besser.

- 311 Zersetzung von Salzen.** Am einfachsten stellt man den Versuch auf die in Fig. 664 dargestellte Weise an. Man nimmt eine beliebige heber-

Fig. 664.



förmig gebogene Glasröhre und füllt die Lösung eines neutralen Salzes hinein, welche durch Lakmus violett gefärbt ist. In jeden Schenkel der Röhre legt man das Platinden eines Polar- drahtes von einer Säule aus 3 bis 6 Elementen; schmale Platinbleche sind hierzu besonders zweckmäßig. Die Salzlösung färbt sich an dem positiven Pole roth

und am negativen blau, kehrt man dann die Pole um, so wechselt auch die Färbung, nachdem sie zuerst in das frühere Violett zurückgekehrt war.

- 312 Galvanoplastik.** Zu kleineren galvanoplastischen Versuchen bedient man sich am einfachsten einer modificirten Becquerell'schen Kette, wie sie Fig. 665 darstellt. *c* ist ein Zuckerglas von beliebiger Größe, dessen Boden man abgeprengt hat; über seine ursprüngliche Oeffnung bindet man eine Schweins- oder Rinderblase und richtet ein Stück Zink so zu, daß es auf dem verengten Halse des Glases gerade über der Blase aufliegt, ohne diese zu berühren. Es ist zweckmäßig, das Zink in Flanell oder Fliesspapier einzuschlagen oder einen zweiten Rahmen unter dem Zink anzubringen, der mit einem dünnen Zeuge überspannt ist, weil sich sonst da, wo herabfallende Theile des Zinks auf der Blase liegen, auch äußerlich Kupferwarzen ansetzen. Um das Glas windet

man außerhalb einen starken Draht mit drei oder vier hervorstehenden Enden, mit denen dasselbe auf dem Rande des Gefäßes *a* so aufsitzt, daß unter der Blase noch 1 bis 2 Zoll Raum frei bleibt; einen solchen Draht kann man ganz einfach, wie in Fig. 666, aus zwei Stücken zusammenbinden. Statt des Drahtes kann man auch einen Dreifuß aus Glas, wie Fig. 667, in das Ge-

Fig. 665.

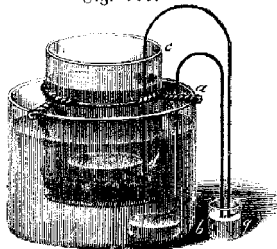


Fig. 666.

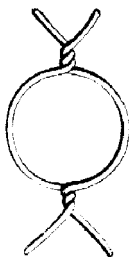
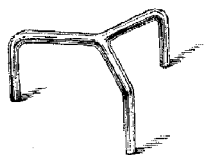


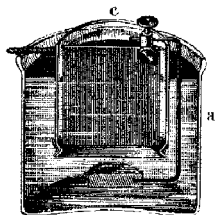
Fig. 667.



ß *a* stellen und *c* darauf setzen. Letzteres hat den Vortheil, daß sich die Blase nicht gegen die Form senken kann, wenn auch im Gefäße *c* die Flüssigkeit höher stehen sollte als in *a*, was auch beim Auseinanderheben des Apparates eintritt.

Un das Zink wird ein starker Kupferdraht oder ein Streifen von Kupferblech gelöthet, welcher in das Quecksilbernäpfchen *q* taucht, und von diesem geht ein zweiter starker Kupferdraht zu der auf dem Boden befindlichen Form, welche zugleich das andere Element der Kette bildet. Die Drähte werden, so weit sie in die Flüssigkeiten tauchen, mit Siegellack überzogen. Die Einschaltung des Quecksilbernäpfchens hat den Vortheil, daß dadurch die Theile des Apparates leicht trennbar werden, was des öfteren Nachsehens wegen bequem ist; doch kann man die Drähte auch durch eine Klemme aus Blech vereinigen. Den zur Form führenden Draht läßt man ganz einfach auf derselben aufsitzen, wenn sie aus hartem Metall besteht, oder steckt ihn seitwärts in dieselbe, wenn sie weich ist. Da sich aber das Kupfer hauptsächlich da absetzt, wo der Draht ansteht, so muß man bei Stücken, deren Durchmesser größer ist — etwa 1 Zoll übersteigt —, die Verlihrungsstelle des Drahtes wechseln, oder auch zwei solche Drähte an-

Fig. 668.



wenden. Man kann die Zinkplatte auch vertical in das innere Glas stellen, sie auf dem eingezogenen Halse desselben ruhen lassen und den gebogenen Kupferdraht, an welchen unten die weiche Form gesteckt ist, durch eine Klemmschraube daran befestigen, wie dieses Fig. 668 im Durchschnitte zeigt. Das Gefäß *a* ist je nach der Größe des Apparates von Glas oder Thon.

Die Form kann man so erhalten, daß man

das Original erwärmt und einen Abguß von leichtflüssigem Metall darauf macht, wozu man, nach Böttcher, 8 Wismuth, 8 Blei und 3 Zinn nimmt (nach Jordan 8 Wismuth, 5 Blei und 3 Zinn). Gewöhnlich aber macht man dieselbe von Wachs, unter welches man etwa $\frac{1}{4}$ Gyps geschmolzen hat. Das Original muß gut gereinigt werden, worauf man es mit einem Rande von Papier umgiebt, der dasselbe etwa um $\frac{1}{2}$ Zoll überragt und dessen Enden mit Mundleim über einander befestigt werden. Unmittelbar vor dem Eingießen des Wachses, das nicht heißer sein darf, als zum Schmelzen nöthig ist, kann man die Form ganz schwach behauchen, was das nachherige Lösen derselben vom Abgusse sehr befördert. Ein sichtbares Anlaufen des abzuformenden Gegenstandes darf durch dieses Anhauchen nicht bewirkt werden. Das Lösen der Form wird auch sehr befördert durch einen recht dünnen Fettüberzug. Sehr zweckmäßig ist es, das Modell vor dem Eingusse schwach zu erwärmen, damit die eingegossene Masse nicht unmittelbar beim Berühren des Metalls erkalte. Statt Wachs und Gyps kann man auch gleiche Theile weißes Wachs und Bleiweiß, oder gleiche Theile Wachs und Stearin nebst $\frac{1}{2}$ Theil gepulvertem Graphit nehmen. Gypsmodelle sind schwer abzuformen; am besten legt man sie auf einen Teller mit Wasser und gießt die Formmasse auf, sobald die Feuchtigkeit oben ankommt.

Um eine solche Form von Wachs leitend zu machen, überpinselt man dieselbe mit pulverförmig niedergeschlagenem metallischem Silber oder fein geschlämmtem Graphit mittelst eines feinen Haarpinsels und führt auch einen Strich davon auf der Seite der Form herunter, wo der Leitungsdraht eingesteckt werden soll. Um die Form und über den leitenden Strich auf der Seite weg legt man nun, nachdem der Draht eingesteckt ist, einen Rand von Klebwachs, damit das Kupfer nicht über die Form hinauswache, was das Loslösen später sehr erschwert und leicht ein Verderben der Form, die außerdem wiederholt gebraucht werden kann, herbeiführt. Elastische Formen erhält man aus 20 Theilen Leim und 2 Theilen Candis, die, mit sehr wenig Wasser gekocht, eine elastische Masse geben, wie sie die Buchdrucker zu ihren Schwärzwalzen anwenden; gießt man solche Masse über Formen, welche unterarbeitet sind, so lassen sie sich gleichwohl abziehen. Ein Zusatz von etwas Leinöl soll dieselben in dem galvanischen Bade haltbarer machen. Sehr gute Formen erhält man aus Guttapercha, wenn man den vorher gehörig mit feinstem Graphit überzogenen Gegenstand unter eine Presse bringt, die erwärmt und ebenfalls mit Graphit überzogene Guttaperchaplatte darauf legt und die Presse anzieht. Damit die Form gehörig stark bleibt, wird der Gegenstand mit einem Rahmen umgeben, welcher die Annäherung der Preßplatte begrenzt. Die Presse bleibt geschlossen bis zum vollständigen Erkalten.

Ist der Apparat zusammengesetzt, so füllt man das Gefäß *a* mit einer concentrirten Lösung von Kupfervitriol, die man, wie bei der Daniell'schen Kette, concentrirt erhält, und das Gefäß *c* mit stark verdünnter Schwefelsäure ($\frac{1}{30}$

bis $\frac{1}{20}$). Wenn man aber des Erfolgs sicher sein will, so darf man keine Vitriollösung gebrauchen, welche schon zur Daniell'schen Kette gebraucht wurde und darum meist stark mit Zink verunreinigt ist. Will man zähes Kupfer erhalten, so setzt man der Kupfervitriollösung 5 bis 10 Proc. englische Schwefelsäure zu. In 12 bis 24 Stunden ist der Kupferüberzug stark genug geworden, um abgelöst zu werden. Man entfernt zuerst das Klebwachs und hebt dann mit der Schärfe eines Messers oder Falzbeins den Abdruck gerade auf, während man die Form mit der anderen Hand hält. Will man aber einigermaßen stärkere Abzüge erhalten, so muß man die Schwefelsäure noch schwächer nehmen und 5 bis 8 Tage auf den Niederschlag verwenden.

Will man den Strom irgend einer anderen Kette für galvanoplastische Zwecke verwenden, so verbindet man die Form mit dem negativen Pole, den positiven Pol aber verbindet man mit einer Kupferplatte, welche so groß ist als die Form und überall etwa um einen halben Zoll von derselben absteht. Das Gefäß, worin die Form sich befindet, wird auch hier mit concentrirter Kupfervitriollösung gefüllt, diese erhält sich aber durch Auflösen der Kupferplatte von selbst concentrirt. (Der positive Strom geht in der Flüssigkeit eines Elementes vom Zink zum Kupfer [oder dessen Vertreter], außerhalb der Flüssigkeit aber vom Kupfer zum Zink; bei Becherapparaten jeder Art enthalten die beiden letzten Becher je eine ungepaarte Platte, der eine Zink, der andere Kupfer, und es ist daher das Kupferende der positive Pol, oder er ist auf der Seite, auf welcher die gepaarten Platten das Zink haben). Indessen wendet man auch für ganz große Gegenstände die Kette direct an, nur macht man dann die Gefäße aus Holz und nimmt eine stärkere thierische Haut anstatt der Blase, selbst lothgares Kalbleder. Bei fremder Kette hat man nämlich auch noch die Stromstärke zu reguliren, die nie so stark sein darf, daß Wasserzersetzung eintritt, weil sonst das Kupfer nie in cohäerentem Zustande ausgeschieden wird.

Galvanisches Vergolden und Versilbern etc. Allge- 313

meine Bemerkungen *). Unter den mancherlei Verfahrensarten, Gold u. s. w. auf galvanischem Wege niederzuschlagen, dürfte die Zersetzung der Chanzverbindungen des Goldes, Silbers, Kupfers für den hier vorliegenden Zweck am meisten zu empfehlen sein, und als Kette dazu die Daniell'sche, weil man diese

*) Dieser Gegenstand kann hier keineswegs in der Weise behandelt werden, daß die verschiedenen Methoden in Bezug auf ihren technischen Werth verglichen und angegeben würden. Es handelt sich hier nur darum, das anzuführen, was man hiervon für den Unterricht in der Naturlehre braucht, und was man etwa braucht, um da und dort Apparate oder Theile derselben gut zu vergolden, mag auch das Verfahren nicht gerade das wohlfeilste oder für große Gegenstände zweckmäßigste sein, wenn es nur einfach und sicher ist.

ohne Unbequemlichkeit in jedem Locale stehen haben kann, und ihr Strom vielleicht unter allen der constanteste ist. Man kann sie wochenlang fortbrauchen und hat nur der Schwefelsäure von Zeit zu Zeit etwas frische Säure zuzusetzen und sie nach etwa 4 bis 5 Tagen ganz zu wechseln. Will man übrigens, weil man sie gerade hat, eine Bunsen'sche oder Grove'sche Kette gebrauchen, so wird der Strom stark genug mit Salpetersäure, die mit ihrem zehnfachen Gewichte Wasser verdünnt ist, und eben solcher Schwefelsäure. Für technische Zwecke dürfte es gut sein, stets eine Boussole einzuschalten, die aus einem einfachen rechtwinklig gebogenen Kupferstreifen besteht, in dessen Mitte die Nadel sich befindet. Der Streifen wird oberhalb geschligt, um den richtigen Stand des Instruments vor dem Eintritt des Stromes besser beurtheilen zu können. Hat man keine passende Nadel, so kann man durch ein Stückchen sogenannten Charnierdrahtes ein Stück einer guten Stricknadel stecken, und den Charnierdraht mittelst Siegelack an einen Seidenfaden (nicht einfachen Coconsfaden, sondern einen solchen, wie er in den Fabriken abgehaspelt wird, nämlich 3 bis 5 zusammengelebte Coconsfäden) aufhängen, der seinerseits an einen Draht, wie Fig. 669, angebunden wird, welchen man auf das Brettchen steckt. Statt des Charnierdrahtes kann man auch aus ganz feinem Messing- oder Kupferdrahte (Nr. 38 bis 40) eine Hülse winden, wie Fig. 670. Zweckmäßiger wäre allerdings auch hier eine astatische Nadel, wo dann die Hülse wie Fig. 671 gewunden wird, da man es immer nur mit schwachen Strömen zu thun hat. Man kann durch einige Versuche ausmitteln, wieviel Gold bei den verschiedenen Ablenkungen des Instruments in der Stunde

Fig. 669.

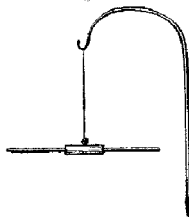


Fig. 670.

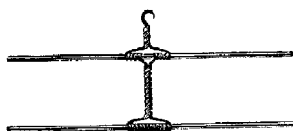
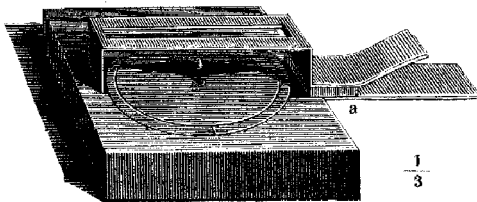


Fig. 671.

ausgefällt wird, und kann daraus die Quantitäten der übrigen Metalle ableiten.

Fig. 672.



Man hat sodann wenigstens näherungsweise ein Maß darüber, wie viel man Gold auf einen Gegenstand niederschlagen hat, was auch für den bloßen Liebhaber sehr bequem ist. Fig. 672 zeigt eine solche Boussole

der einfachsten Art; das Kupfer ist bei a durch gefirnitztes Holz getrennt.

Mit einer auf Wasserzersetzung geachteten Tangentenboussole läßt sich mit Hilfe der Mischungsgewichte aus der Stromstärke stets das niedergegeschlagene Gold berechnen. Man kann sich für die gewöhnlichen Metalle (Gold — Silber — Kupfer) für jeden Grad der Abweichung eine Tabelle berechnen, welche anzeigt, wie viel Gramme Metall in der Stunde abgelagert werden. Da man indessen den Strom oft unterbrechen muß, so wird es nothwendig, jeweils die Zeit, während welcher die Kette geschlossen war, zu notiren, so wie den Stand der Nadel von 5 zu 5 Minuten. Für sehr schwache Ströme — kleine Gegenstände — muß jedoch die Boussole empfindlicher als gewöhnlich sein (siehe Tangentenboussole).

Das Cyankalium bekommt man zwar jetzt beinahe in jeder Apotheke, doch kann man sich dasselbe auch selbst bereiten, was auf folgende Weise geschieht. Man nimmt 8 Theile Kalium-Eisencyanür (Blutlaugensalz — blausaures Eisenkali), welches grob gepulvert, auf einem heißen Eisenbleche gut getrocknet und dann ziemlich fein gepulvert wird. Man setzt nun 3 Theile trockenes kohlen-saures Kali zu und mengt beide Theile innig in der Reibschale. Das Gemenge wird auf einmal in einen schwach rothglühenden heffischen Ziegel eingetragen, der die Masse wohl fassen kann, und auf dieser Temperatur erhalten, wobei die Masse unter lebhafter Gasentwicklung schmilzt. Die Temperatur darf die schwache Rothglüh Hitze nicht übersteigen, weil sich die Masse sonst mit lebhafter Flamme zersetzt. Die Masse wird immer klarer, und eine an einem erhigten Glasstabe herausgenommene Probe beim Erkalten immer weißer; erstarrt die Probe zu einer weißen Masse, so nimmt man den Ziegel vom Feuer, läßt ihn einige Augenblicke ruhig und gießt dann die klare Flüssigkeit vom Bodensatz auf ein blank geschauertes Eisenblech aus; sie erstarrt zu einer weißen Masse, in der sich mitunter Eisenkörner zeigen, welche übrigens weiter nichts schaden, als daß man die Auflösung später decantirt. Die erhaltene Masse wird zerschlagen und in einem wohl verschlossenen Gefäße aufbewahrt. Nicht zu übersehen ist, daß die Masse und auch die daraus bereiteten Metalllösungen sehr giftig sind. Um die Lösungen der Metalle — nur Platin erfordert eine andere Behandlung — zu bereiten, wendet man die galvanische Kette selbst an, indem man an den positiven Poldraht eine Lamelle aus reinem Gold, Silber oder Kupfer, und an den negativen einen schmalen Platinstreifen anlöthet. Für Gold läßt man nur etwa einen halben Ducaten vom Goldschmiede ausstrecken, da das Ducatengold rein genug ist. Münzsilber ist aber nicht rein genug. Kupfer kann man sich auf galvanoplastischem Wege rein verschaffen, denn es ist wenigstens nicht alles im Handel vorkommende Kupfer direct brauchbar. Man schmilzt das galvanische Kupfer in einem heffischen Ziegel unter Borax in der Esse. Die Lamellen der beiden Poldrähte werden nun in eine Lösung von einem Theil Cyankalium auf 16 bis 32 Theile destillirten Wassers getaucht und so lange in derselben gelassen, bis

in Folge der Auflösung am positiven Pole sich Gold oder Kupfer auf das Platin am negativen Pole niederschlägt. Bei der Bereitung der Silberlösung muß man Gold an den negativen Pol nehmen. Da aber Münzsilber als Blech am positiven Pole nicht rein genug und die Darstellung von hinlänglich reinem Silber umständlich ist, so bringt man besser Höllestein in die Cyankaliumlösung; der anfänglich entstehende Niederschlag löst sich bei hinreichender Menge von Cyankalium und gelinder Erwärmung bald. Wenn man anstatt Höllestein Chlorsilber nimmt, soll der Niederschlag besonders schön weiß werden. Man nimmt dann beim Versilbern an den positiven Pol Platinblech. Diese Auflösungen lassen sich in verschlossenen Gefäßen gut aufbewahren; reine Cyankaliumlösung aber zersetzt sich. Man kann sich übrigens auch Gold- und Silberlösungen nach dem weiter unten bei der Frankenstein'schen Methode angegebenen Verfahren bereiten.

Alle Gegenstände, welche auf galvanische Art einen Metallüberzug erhalten sollen, müssen vorher gehörig gereinigt werden, und zwar zuerst mittelst Lauge, dann mit verdünnter Schwefelsäure oder Ruß und verdünnter Salpetersäure, und zuletzt mit Weinsteinpulver; man bedient sich dabei einer steifen Bürste (eines Zahnbürstchens oder der Kragbürste aus Messingdraht, wie sie die Goldarbeiter haben). Die Gegenstände werden unmittelbar, nachdem sie mit Weinstein gereinigt und mit reinem Wasser abgespült sind, in das zum Ueberzug gerichtete Metallbad gebracht und alsobald die Kette geschlossen, indem man zuerst den positiven Poldraht mit der angelötheten Platte von gleichem Metalle wie die Lösung, oder mit einer Platinplatte in die Flüssigkeit bringt, und den negativen zugleich mit dem zu überziehenden Gegenstand. Den Drähten giebt man eine solche Krümmung, daß der eine mit dem zu überziehenden Stücke in Berührung bleibt, der andere aber die daran befindliche Platte parallel mit der Ebene des zu überziehenden Gegenstandes hält. Wenn es die Form des Gegenstandes erlaubt, ist es zweckmäßig, den negativen Pol um eine passende Stelle zu wickeln, bevor man den Gegenstand einlegt, welche Stelle man aber wechseln muß, wenn sie ebenfalls überzogen werden soll.

Ein Uebelstand muß hier noch besonders erwähnt werden, vor dem man sich nicht genug hüten kann, es ist die Verunreinigung der zu überziehenden Gegenstände mit Quecksilber. Die kleinste Spur, die davon sich an den Händen oder sonst wo findet und mit den bereits überzogenen Gegenständen in Berührung kommt, amalgamirt sich mit der reinen Metallfläche. Man kann allerdings durch Erhitzen das Quecksilber wieder abtreiben, aber es entstehen dadurch doch gern Flecken. Man sollte eigentlich beim Zusammenlegen der Säule, des amalgamirten Zinks wegen, sich beinahe der Handschuhe bedienen, jedenfalls aber, nachdem sie zusammengesetzt ist, die Hände auf das Sorgfältigste reinigen.

Die Gefäße, in welche die Metalllösung kommt, nimmt man von Glas oder

Porzellan, wenn es fein kann; doch muß man sich hier nach dem zu überziehenden Gegenstande richten, um nicht zu viel von der Metallauflösung anwenden zu müssen, und daher auch manchmal zu thönernen Gefäßen greifen.

Die Temperatur des Bades ist ebenfalls nicht ganz gleichgültig, doch geht die Operation bei etwa 12 bis 15 Grad R. gut von Statten; eine Erwärmung auf 20 bis 50 Grad beschleunigt sie jedoch sehr.

Immer setzt sich auch ein Theil des Metalls in Pulverform oder in haarförmigen Krystallen ab, und es wird daher nöthig, sobald das Stück nicht mehr die reine Metallfarbe zeigt, dasselbe herauszunehmen und mit Weinsteinpulver und Wasser zu reinigen, nachdem es mit frischem Wasser vorher abgespült wurde. Bei dieser Behandlung muß man stets die giftige Eigenschaft der Cyanlösungen berücksichtigen. Es wird übrigens dieses Absetzen von pulverigem Metalle seltener vorkommen, wenn man der Lösung von Zeit zu Zeit Cyankalium zusetzt, welches stets im Ueberschusse vorhanden sein soll.

Der angewendete elektrische Strom darf nie so stark sein, daß sich Gasblasen auf dem zu überziehenden Stücke entwickeln; überhaupt geben schwächere Ströme eine regelmäßigere Ablagerung und erfordern seltener das Putzen. Man hat übrigens die Stromstärke innerhalb der hier erforderlichen Grenzen durch Eintauchen eines größeren oder kleineren Theils vom Bleche am positiven Pole, sowie durch größere oder geringere Entfernung von dem zu vergoldenden Gegenstande vollkommen in seiner Gewalt. Man soll nach Rahrath die besten regulinischen Niederschläge erhalten, wenn der Strom von p Gewichtstheilen Metall auf 100 Theile Wasser p 0,0025 Gramm Metall auf den Quadracentimeter ausscheidet.

Behandlung der einzelnen Metalllösungen. Vergolden 314

und Versilbern. Außer den bereits vorausgeschickten Bemerkungen ist hier nur noch nachzuholen, daß diese Arbeit beinahe am besten mit einem einzelnen Elemente vorgenommen wird, und daß man nicht etwa meinen muß, wenn der Gegenstand schon gelb oder weiß geworden ist, er sei nun auch für irgend einen Gebrauch vergolbet, eine Meinung, welche besonders dazu beigetragen hat, die galvanische Vergoldung beim Publikum in Mißcredit zu bringen und sie noch fortan darin zu erhalten. Es ist daher besonders zweckmäßig, zu wissen, wieviel Gold in der Stunde bei einer gewissen Stromstärke niedergeschlagen wird, da man nach den Untersuchungen von Dumas, womit auch die Angaben von Rarmarsch übereinstimmen, weiß, daß Feuervergoldungen auf 50 Quadracentimeter 28 bis 130 Milligramm Gold haben. Letzteres beträgt noch keinen Ducaten pr. Quadratzuß, obwohl Goldarbeiter sogar von $1\frac{1}{2}$ Ducaten pr. Quadratzuß reden; es geht aber sehr wohl, $1\frac{1}{2}$, selbst 2 Ducaten pr. Qua-

drahtfuß galvanisch aufzutragen. Hierbei wird jedoch der vergoldete Gegenstand, wenn er auch vorher polirt war, matt, und muß von Neuem überarbeitet werden.

Soll die Vergoldung sehr stark werden, so muß der Gegenstand, wenn das Matt- oder Braunwerden beginnt, herausgenommen, mit der Krabbürste oder einer steifen Zahnbürste gut gebürstet, mit Weinstein gereinigt und abermals vergoldet werden, was man denn nach Umständen noch einmal thut, wenn das Mattwerden wieder beginnt. Wenn die Vergoldung nicht mehr gut von Statten geht, oder fleckig oder sehr blaßgelb wird, so muß der Gegenstand ebenfalls gereinigt und der Lösung ein Stüchchen Chantakium zugesetzt werden; nur bei überschüssigem Chantakium bekommt man eine hochgelbe Vergoldung. Man kann aber die Vergoldung, wenn man schneller arbeiten will, auch bei starken Strömen — starker Gasentwicklung — vornehmen und den Gegenstand stark braun werden lassen; man reibt ihn in diesem Falle nach dem Herausnehmen zuerst mit dem Finger oder mit feiner Leinwand und dann mit der Krabbürste. Wenn man das Braunwerden nicht zu weit kommen läßt, so zeigt sich auf der Leinwand keine Spur von braunem Goldpulver, und selbst die Krabbürste, die dann angewendet werden muß, ehe man wieder fortvergoldet, bringt nur sehr wenig Gold herunter. In einem Falle, wo ich 1 Milligramm Gold auf 1 Quadracentimeter rasch niedergeschlagen habe, fand ich nach dem Behandeln mit der Krabbürste kaum $\frac{1}{12}$ weniger Gold, bei 2 Milligramm aber, die ebenfalls unter starker Gasentwicklung abgesetzt wurden, färbte sich die Leinwand, und nach dem Bürsten hatte ich $\frac{5}{12}$ bis $\frac{6}{12}$ verloren. Der Niederschlag wird sehr gefördert, wenn man sehr wenig Schwefelkohlenstoff den Metallbädern zusetzt, und zwar soll man, so oft sie gebraucht werden, aber höchstens täglich etwa $\frac{1}{6000}$ dem Gewichte nach zusetzen; wenigstens gilt dieses von Gold und Silber. Die Vergoldung hält Polirstahl und Glühwachs aus.

Fig. 673.



Einem ganz einfachen Apparat zum Vergolden und Versilbern erhält man, wenn man eine Glasröhre von etwa $\frac{1}{2}$ Zoll Breite und 2 Zoll Länge nimmt, sie einerseits eben schleift, dann einen Rand von Siegellack um dieselbe legt und über diesen nun eine Blase bindet; statt dieser Röhre dient auch ein Opodeldocglas, dem man den Boden absprengt. In die Glasröhre kommt ein Stück Zink, an welches ein Kupferstreifen gelöthet ist, der nachher wie Fig. 673 umgebogen wird, so daß die Spirale etwa $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll von der Blase absteht; bis zur Spirale wird der Streifen mit Siegellack überzogen. Man bindet um die Glasröhre einen Draht, wie Fig. 666, und hat dann eine Kette, wie sie zur Galvanoplastik angewendet wird, zu der man als äußeres Gefäß ein kleines Trinkglas nimmt. Geladen wird diese Kette beim Zink mit frischer Chantakiumlösung, und im äußeren Gefäße mit der Gold- und Silberlösung; die zu überziehenden Gegenstände, wie kleine Münzen u. dergl., kommen auf die Spirale und werden mit dieser über-

zogen, müssen aber einmal gewendet werden. Die Kette wirkt sehr kräftig. Daß dabei die Goldlösung nach und nach erschöpft wird, ist für sich klar, und man muß sie daher durch frische ersetzen, wenn sie zu arm an Gold wird.

Frankenstein'sche Vergoldung *). Bei diesem Verfahren wird der Gegenstand mit Messingdraht, an dem ein Stüchchen Zink hängt, oder besser mit einem schmalen, von einer ganz dünnen Platte herunter geschnittenen Streifen Zink lose unwickelt und in das auf circa 60° R. erwärmte Gold- oder Silberbad getaucht. Das Bad besteht, nach Frankenstein, aus 1 Chlorgold, 4 kohlen-saures Kali, 6 Blutlaugensalz und 10 Wasser, was zusammen $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Stunden gekocht und dann decantirt wird. Anstatt dieser Lösung nimmt man auch gewöhnliche Chankaliumlösung mit Zusatz von Kali oder Natron. Für Silber empfiehlt Frankenstein auf 1 Chlorsilber, 5 Blutlaugensalz, 5 kohlen-saures Kali, 2 Kochsalz, 5 flüssiges Ammoniak; Kochen und Decantiren wie bei Gold. Der Gegenstand muß alle 10 bis 20 Minuten herausgenommen und gereinigt, auch das Zink über andere Stellen gewickelt werden. Wie viel hier pr. Minute Gold niedergeschlagen wird, ist von der Concentration der Flüssigkeit abhängig, und man muß dieses bei bestimmter Concentration durch die Wage oder durch chemische Untersuchung des Goldrestes in der Flüssigkeit ermitteln, bis man einige Erfahrung hat; wenn die Flüssigkeit zu arm an Gold geworden ist, so geht der Niederschlag sehr langsam, was man an der Zeit ersieht, die verfließt, bis der Gegenstand gelb oder bis er braun wird. Man soll bei der angegebenen Concentration in 40 Minuten und bei fleißigem Abwaschen $\frac{1}{2}$ Ducaten pr. Quadratfuß niederschlagen können. Die Goldarbeiter nehmen aber gewöhnlich verdünntere Lösung. Eisen kann auf diesem Wege ohne vorherige Verkupferung vergoldet werden **).

Verkupfern. Für diesen Zweck muß man mindestens drei zur Säule verbundene Elemente anwenden, da die Zersetzung des Chankupferkaliums ***) viel schwieriger ist als die der Gold- und Silberverbindung. Soll Eisen auf diese Weise als Vorbereitung zum nachherigen Vergolden verkupfert werden, so muß man dasselbe besonders sorgfältig reinigen, den negativen Pol daran binden, zuerst den positiven Pol einsenken und dann erst das zu verkupfernde Stück, weil im umgekehrten Falle das Eisen mit dem kupfernen Drahte und der Flüssigkeit eine geschlossene Kette bildet und dadurch, als die Zinkseite, angegriffen wird; hier-

*) Da dieses Verfahren jetzt in den Werkstätten vorzugsweise angewendet wird, so mag es hier noch eine Stelle finden.

**) Die Vorschriften für Bereitung von Chlorgold und Chlorsilber sind in chemischen Lehrbüchern nachzusehen, doch ist die directe Bereitung des Metallbades namentlich bei Gold vorzuziehen.

***) Chankupferkalium erhält man durch Auflösen von Kupferoxydul in Chankalium.

durch wird das gehörige Haften des Kupferüberzugs gehindert, was dann ein alsbaldiges Abblößen oder doch ein Rosten zur Folge hat. Man macht die Verkupferung nur schwach, und bringt das Stück sogleich nach dem Abspülen mit dem negativen Pole in die Goldlösung, nachdem auch hier der positive Pol schon in dieselbe eingelegt ist, obwohl diese Vorsicht hier weniger nöthig erscheint. Die Vergoldung muß immer etwas stark gemacht werden. Leider gelingt es hier nicht jedesmal, die Vergoldung so zu machen, daß der Gegenstand später nicht rostet; gut gelungene Stücke kann man in verdünnte Salpetersäure ohne allen Nachtheil legen.

Vermessingen. Eine Messinglösung wird so bereitet, daß man in Cyankaliumlösung als positiven Pol einen Kupferstreifen als negativen Platin einlegt, so lange, bis das Platin verkupfert wird; dann setzt man als positiven Pol Zink ein, bis der Niederschlag auf dem Platin eine messinggelbe Farbe zeigt. In diesem Bade kann man nun eiserne Gegenstände vermessen. Sie werden zuerst schwach verknüpft, dann in das Messingbad gebracht und nun wird als positiver Pol Kupfer und Zink zugleich eingelegt *), man läßt dann von letzteren das eine oder das andere tiefer eintauchen, je nachdem die Färbung des Niederschlags dieses verlangt.

Verplatinen. Man wendet hierbei eine Lösung von Platinsalmiak in Wasser an; doch ist es bis jetzt noch keineswegs gelungen, diese Arbeit auf den wünschenswerthen und für praktische Zwecke nöthigen Grad von Vollkommenheit zu bringen. Nach Zewreinooff soll man auf folgende Weise einen haltbaren Ueberzug erreichen. Es wird 1 Theil Platin in Königswasser gelöst, die Lösung im Wasserbade trocken gedampft, wieder in Wasser gelöst und der Lösung dann 1 Theil in Wasser gelöstes Aetzkali zugesetzt. Diese Flüssigkeit wird nun sammt dem entstandenen Niederschlage mit 2 Theilen in Wasser gelöster Oxalsäure so lange gekocht, bis der Niederschlag gelöst ist, worauf man noch 3 Theile in Wasser gelöstes Aetzkali zusetzt. Man muß die Gegenstände jedoch mehrere Male in dieser Flüssigkeit mit schwachem Strome behandeln und nach jedem Ueberzuge reinigen und mit dem Stahle poliren **).

315 Die farbigen Ringe von Nobili. Diese schönen Ringe erhält man am einfachsten auf einer kleinen Silbermünze (deutsches Vereinsgeld oder

*) Mit einem positiven Pole von Messing, wie Jacobi angegeben, ist es wenigstens dem Verfasser nie gelungen, Eisen mit Messing zu überziehen, da das Stück immer Zinküberzug erhielt und der eingesezte Messingdraht schwarz wurde.

**) Ein Verfahren, Gegenstände ohne Anwendung des elektrischen Stromes zu verplatinen, ist nach Wild folgendes. Man erhitzt ein Gemenge von 8 Thln. Salmiak und 1 Thl. Platinsalmiak mit 32 bis 40 Thln. Wasser zum Sieden und legt die zu verplatinirenden Körper in diese Flüssigkeit. Diese erhalten in kurzer Zeit einen festhaftenden Platinüberzug. Man polirt sie nachher mit Kreide.

französisches Geld), welche man ziemlich dünn unter wiederholtem Ausglühen aneinander klopft, oder auf einer Daguerreotypplatte. Die Silbermünze wird zuletzt gut eben gehalten und reingeschliffen; sie hat den Vorzug, daß man die Ringe nach Belieben wegputzen und neu erzeugen kann, was bei der Daguerreschen Platte nicht der Fall ist, indem das niedergeschlagene Kupfer sehr fest haftet und daher ein starkes Putzen erfordert. Um letzteres bequemer zu vollbringen, kittet man das Silberblech mit Siegellack auf einen Kork. Den Versuch selbst kann man am einfachsten so anstellen, daß man einige Tropfen essigsaures Kupfer (Grünspanlösung) auf das Silber gießt und dann durch die Flüssigkeit hindurch dieses mit einem gespitzten runden Stückchen Zink berührt, wozu man übrigens auch ein gespitztes Stückchen Zinkblech verwenden kann. Man setzt die Berührung so lange fort, als die Ringe noch zusehends wachsen. Schöner werden die Ringe, wenn man den Strom einer Säule von 3 bis 6 Elementen dazu verwendet. Es wird dann das Silberblech in eine Klemmschraube genommen und mit dem negativen Pole der Säule verbunden, während man den vom positiven Pole kommenden gespitzten Draht in die Flüssigkeit tauchen läßt, ohne die Platte zu berühren. Man muß dabei die Drähte so biegen, daß sie von selbst in der gehörigen Lage bleiben und das Blech dabei gut horizontal stehe, um etwas viel Flüssigkeit darauf gießen zu können. Kittet man das Silberblech auf Kork, so löthet man am besten vorher in die Mitte desselben einen Draht, den man beim Aufkitten durch den Kork steckt, und dieser vermittelt dann die Verbindung mit dem Pole der Säule. Statt des Silbers kann man auch Neusilberblech verwenden, die Ringe werden aber weniger schön, da diese Bleche schon für sich auf ihrer ganzen Fläche Kupfer reduciren.

Die prachtvollen Farben, welche man jetzt häufig an Tischglocken, Fibibus- 316
bedchern u. dergl. sieht, sind ebenfalls galvanische Niederschläge; sie sind eine Erfindung Becquerel's und werden auf folgende Weise erhalten. Man löst 1 Theil Aetkali in 5 bis 6 Theilen Wasser und bringt fein gemahlene Bleiglätte im Ueberschuß dazu; man kocht nun das Gemenge unter beständigem Umrühren eine halbe Stunde lang in einem irdenen Gefäße, filtrirt und bewahrt die Flüssigkeit in einem wohlverschlossenen Gefäße auf. Nach einiger Zeit wird das Kali kohlenfauer und die Flüssigkeit muß dann über Aetzkalk gekocht werden; auch wird es nach öfterem Gebrauche nöthig, sie wieder über Glätte zu kochen. Beim Gebrauche gießt man die Flüssigkeit in ein Gefäß von Blei oder Messing, welches den zu färbenden Gegenstand bequem faßt, verbindet diesen mit dem positiven Pole einer drei- oder mehrpaarigen Kette, senkt ihn in die Bleilauge und verbindet jetzt das Gefäß mit dem negativen Pole. Der Ueberzug erfolgt so schnell, daß man nicht immer bei der gewünschten Farbe aufhören kann, wenn der Strom stark ist; man muß darum zur Ladung der Kette nur

schwache Flüssigkeiten verwenden. Bei Gegenständen von Messing müssen die Pole vor dem Eintauchen angelegt, und der Gegenstand nur langsam, die scharfe Kante voran, in die Flüssigkeit getaucht werden; es ist zweckmäßig, die Gegenstände vorher ganz schwach zu vergolden.

Ähnlich wie die eben beschriebene Flüssigkeit soll auch frische, durch Kochen bereitete Lösung von reinem Eisenvitriol benutzt werden können, wenn man ihr Ammoniak zusetzt, bis sich der Niederschlag wieder löse, was aber nur geschieht, wenn zugleich eine Säure zugefetzt wird.

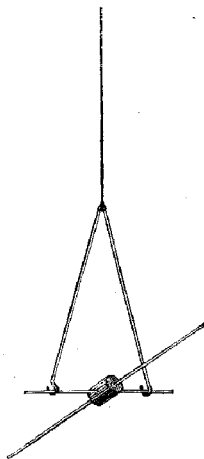
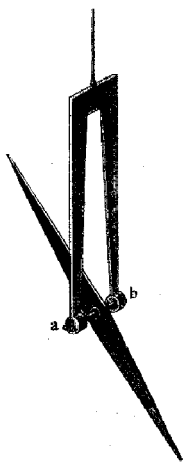
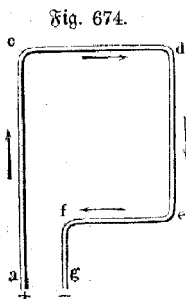
Man kann bei diesem Verfahren einzelne Stellen durch Firniß bedecken (flüssiger Ausparfirniß) und so nur stellenweise färben; man kann auch bereits gefärbte Stellen bedecken und den Rest noch weiter färben. Der Firniß wird zuletzt wieder mit Terpentinöl entfernt und der Gegenstand mit Seifenwasser gewaschen. Ist die Operation verfehlt, so kann man die Farben durch Essig entfernen. Silber giebt für diese Färbung keine Grundlage.

Will man die Ringe schön haben, um die Farbenordnung zu erkennen, so verwendet man am besten ein Blech aus Neusilber, das, auf einen spiralig gebogenen, mit dem positiven Pole verbundenen Draht gelegt, in die Länge gesenkt wird, ohne mit dem Gefäße in Berührung zu kommen, wenn dieses von Metall ist. Der Mitte des Bleches gegenüber nähert man demselben ein mit dem negativen Pole verbundenes rundes Platinblech.

317 Magnetische Wirkung des galvanischen Stromes. Zur Erläuterung des Gesetzes, nach welchem der elektrische Strom auf die Magnetnadel einwirkt, befestigt man auf zwei Brettchen rechtwinklig gebogene Kupferdrähte,

Fig. 675.

Fig. 676.



wie Fig. 674, wovon die Ebene des einen vertical, die des andern horizontal gerichtet wird; sie werden so gestellt, daß die Ebene des verticalen in die Ebene des magnetischen Meridians, und zwei Seiten des horizontalen ebenfalls in diese Ebene fallen. Man bringt eine Magnetenadel über und unter die horizontalen, sowie seitwärts an die verticalen Theile dieser Ströme. Ebenso bringt man eine kurze Inclinationsadel seitwärts an die horizontalen und verticalen Stromtheile. Eine Nadel wie Fig. 675 oder Fig. 676 ist hierzu sehr bequem. Um die Ampère'sche Ausdrucksweise des Gesetzes, nach welchem die Ablenkung erfolgt, noch deutlicher zu machen, kann man wirklich kleine Gliederpöppchen, deren linker Arm ausgestreckt ist, mittelst zweier Drähte der Länge nach so an die Ströme binden, daß man sie um dieselben drehen kann, daß sie aber doch in jeder Stellung durch Reibung festhalten. Man dreht dann beim Versuche jedesmal das Gesicht der Figur gegen die Nadel.

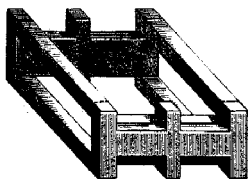
Das Galvanometer. Außer einem ganz einfachen Galvanometer, 318 wie das in §. 313 beschriebene, welches auch noch zu anderen Zwecken, als dem dort angegebenen, brauchbar ist, müssen hier als eigentliche Meßinstrumente näher erörtert werden: der Multiplicator, die Tangentenboussole und die Sinusboussole. Alle diese Instrumente erfordern eine feste Aufstellung, wozu sich ein an die Mauer unabhängig vom Boden befestigtes Tischchen am besten eignet. Die Zuleitungen werden von den Klemmschrauben aus an die Mauer geführt, dort eine Strecke weit befestigt und am Ende wieder mit Klemmschrauben versehen, in welche nun erst die beweglichen Zuleitungen eingesetzt werden. Hat man eine Deckenleitung (§. 289), so bekommt dieselbe nach diesem Tischchen hin Abzweigungen.

Der Multiplicator. So wie man für die Electricität im Zustande der Spannung verschiednen empfindliche Elektrometer gebraucht, so sollte man auch etwa drei Multiplicatoren haben; der eine derselben sollte 20 bis 30 Windungen von $1\frac{1}{2}$ Millimeter dickem Drahte, der andere zweimal 300 Windungen von 1 Millimeter dickem Drahte, so daß man sie einzeln, nacheinander oder nebeneinander brauchen kann, und der dritte ebenso zweimal 1000 Windungen von dünnerem Drahte, selbst so fein, wie er etwa zum Ueberspinnen der Darmsaiten genommen wird, haben. Die Einrichtung ist bei allen im Uebrigen gleich und alle werden mit astatischen Nadeln versehen; sollte dadurch für irgend einen Zweck die Empfindlichkeit zu groß werden, so kann man stets leicht die innere Nadel entfernen. Für sehr viele Zwecke braucht man jedoch noch empfindlichere Multiplicatoren von mehreren tausend Windungen. Allein mit 1000 bis 2000 Windungen wird man für physikalische Zwecke immer ausreichen. Erlauben es die Mittel nicht, mehrere Multiplicatoren anzufertigen, so kann man sich auch mit einem einzigen behelfen, dem man dann 1600 bis 2000 Windungen aus

$\frac{1}{2}$ Millimeter dickem Drahte giebt. Man läßt je 400 bis 500. dieser Windungen für sich in Klemmschrauben auslaufen, so daß man dieselben nach einander oder neben einander gebrauchen kann, wie unten näher zu zeigen ist. Bei der schlechten Leitungsfähigkeit von Wismuth und Spiegellanz kann man einen solchen Multiplikator — wenn alle Drähte neben einander combinirt sind — recht wohl auch zu thermoelektrischen Versuchen gebrauchen. Es ist bequem, wenn jede Partie des Drahtes mit anders gefärbter Seide übersponnen ist.

Der gut mit Seide übersponnene Draht wird auf ein Rähmchen von Holz, etwa wie Fig. 677, gewickelt, welches quadratisch ist und im Rechte etwa 2 Zoll Seite hat; zwei gegenüberstehende Seiten desselben sind so tief von oben und

Fig. 677.



unten eingeschnitten, daß das Holz noch etwa 3 bis 5 Linien stark bleibt, und also auch die Drahtwindungen innerhalb eben so viel Abstand erhalten. Die Drahtwindungen kommen in mehreren Schichten zwischen die oben und unten stehenden gebliebenen Zapfen zu liegen, so daß oberhalb ein Schlitz zwischen denselben offen bleibt und also der Uebergang von einer

Seite zur anderen stets auf der unteren Seite gemacht wird. Die Drahtenden müssen auf derselben Seite des Brettchens hervorstehen, und die Windungen werden durch einen Faden zusammen gebunden, um das Aufspringen zu verhindern, was aber bei ausgeglühtem Drahte nicht stattfindet. Das fertige Rähmchen wird nun mittelst von unten in die unteren Zapfen desselben geführten Holzschrauben auf ein quadratisches Brettchen befestigt, welches etwa 2 bis 3 Zoll mehr Seite hat als das Rähmchen, und mit Stellschrauben versehen ist.

Fig. 678.



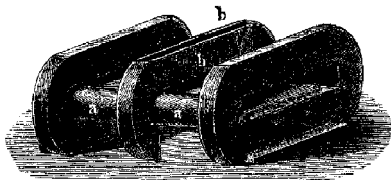
Anstatt der Schrauben kann man dem Rähmchen unten eine kleine Leiste geben und es zwischen Führungen, wie Fig. 678, auf das Brettchen schieben.

Auf die oberen Zapfen des Rähmchens befestigt man ebenfalls durch messingene Schrauben oder Stifte eine mit Papier bezogene hölzerne oder besser eine elsenbeinerne Platte (siehe S. 250), auf welcher ein Kreis getheilt ist, dessen äußerer Limbus die Länge der Nadeln zum Durchmesser hat. In der Mitte erhält diese Platte einen dem Schlitze in den Windungen parallelen schmalen Schlitz von Theilung zu Theilung, nachdem man vorher noch eine zu dem auszuscheidenden Durchmesser senkrechte Linie durch den Mittelpunkt gezogen hat, zur besseren Erkennung des letzteren. Die Mittellinie des Schlitzes entspricht dem 0 der Theilung.

Wenn viele Windungen auf ein solches Rähmchen kommen sollen, so muß sowohl der Raum für die Bewegung der inneren Nadel, als auch der Schlitz eng genommen werden. Man giebt dann den Seitenwänden eine größere Aus-

dehnung, wie in Fig. 679. Sollten aber auf ein solches Nähhchen 500 und mehr Windungen eines Drahtes von $\frac{1}{2}$ Millimeter Dicke schön glatt aufgewickelt

Fig. 679.



werden, so würden die Quersstücke *aa* eingebrochen und die Seitenwände weggedrückt werden, auch würden sich die Windungen zu weit in Schlig und Nadelraum hineindrängen und dort Störungen veranlassen.

Man läßt darum die Quer-

stücke *aa* nicht ganz durch die Seitenwände gehen und belegt dieselben mit einem Messingstreifen, Fig. 680, welcher etwa ein Millimeter dick und in zwei Lappen umgebogen ist, die man mit messingenen Stiften auf die Seitenwände befestigt. Diese Streifen werden auch um 2 Millimeter schmaler genommen,

Fig. 680.



als die Quersstücke *aa*; sie bilden dann mit diesen oben und unten einen Falz. Auf diesen Falz legt man unten eine, oben zwei Messing-

platten von einem Millimeter Dicke und so breit als der freie Raum des Nähhchens und fügt auch noch zwei dünnere Blättchen von Blech oder Elfenbein *bb* oberhalb zwischen die beiden Mittelzapfen. Dadurch werden Nadelraum und Schlig frei gehalten und das Nähhchen vor dem Zusammendrücken geschützt; die Bleche über und unter dem Nadelraum tragen noch zur rascheren Beruhigung der Nadel bei. Die Figuren 681, 682, 683 zeigen die verschiedenen Verbindungen für vier Drahtpartien. Bei empfindlichen Multiplicatoren findet man manchmal, daß die Nadeln vor der

Fig. 681.



Fig. 682.

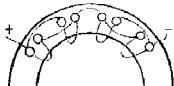


Fig. 683.



0 Linie zurückweichen und zuletzt, wenn man fortan nachrückt, plötzlich auf die andere Seite der 0 Linie gehen; es rührt dieses vom Eisengehalt des Kupferdrahtes her und müßte, wo es darauf ankäme, durch Addition oder Subtraction eines constanten Fehlers corrigirt werden, dessen Ausmittlung aber über die hier gesteckten Grenzen geht.

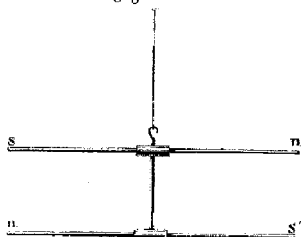
Die Nadeln werden aus stählernen Stricknadeln genommen und erhalten in der Länge etwa 2 Linien weniger, als der innere Raum des Nähhchens gestatten würde, um die eine derselben durch den Schlig der getheilten Platte einführen zu können. Dickere — bis $1\frac{1}{2}$ Millimeter — Nadeln nehmen aller-

dinge mehr Magnetismus an und können also empfindlicher gegen die umfriesenden Ströme sein, wenn ihr Gewicht kein Hinderniß ist. Dieses wird aber ein Hinderniß, da der Magnetismus bei einer dickeren Nadel nicht dem Gewichte proportional größer ist, sobald man es mit momentanen Strömen zu thun hat; für solche sind also sehr dünne Nadeln zu empfehlen, während für andauernde Ströme etwas stärkere Nadeln zu empfehlen wären. Letztere werden an beiden Enden zugespitzt. Die Nadeln werden entweder in eine, wie Fig. 684, aus dünnem Drahte gewundene Doppelhülse gesteckt, oder man läßt hierzu zwei

Fig. 684.

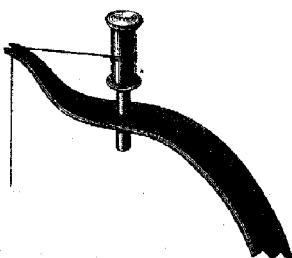


Fig. 685.



dünne silberne Charnierdrähte durch einen dünnen Stift zusammenlöthet, wie Fig. 685 zeigt. Durch einen Strohhalm, an welchen man ein Drahthäkchen macht, kann man dieselben allerdings auch stecken, aber ihre parallele Lage ist darin nur wenig gesichert. Aufgehängt werden die Nadeln gewöhnlich an einem einfachen Coconsfaden, den man unterhalb an die Hülse anknüpft und oben um einen etwas langen Schraubentopf aufwickelt, der sich in einem auf das Brettlehen befestigten Träger befindet, Fig. 686. Dieser Träger hat an seinem Ende einen

Fig. 686.

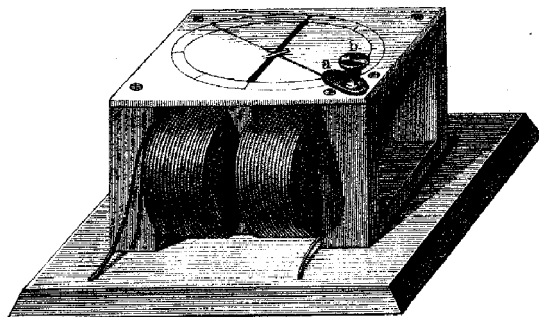


wohl ausgeglätteten Einschnitt, in welchen der Faden zu liegen kommt, und dieser Einschnitt muß sich ziemlich genau über dem Mittelpunkte der Theilung befinden, was aber leicht zu erlangen ist, wenn das untere Ende des Trägers durch drei Schrauben auf das Brettlehen befestigt ist. Mittelfst der Schraube, um welche der Faden gewickelt ist, kann man das Nadelsystem heben und senken. Die obere der beiden Nadeln dient zugleich als

Index, während die untere zwischen den Windungen sich bewegt; es ist sehr zweckmäßig, wenn die obere Nadel irgendwo auf der getheilten Platte befestigt werden kann, weil sonst der Faden beim Umhertragen leicht abreißen könnte, und das Wiederaufknüpfen desselben die Geduld manchmal sehr in Anspruch nimmt. Diese Befestigung ist auf mancherlei Weise ausführbar, Fig. 687

zeigt eine solche nebst Nähnchen und Draht, wo *a* ein Lappen aus Messingblech ist, welcher durch die Schraube *b* niedergehalten wird und, wenn sie

Fig. 687.



gellüftet ist, seitwärts gelegt werden kann; unter diesen Lappen legt man das eine Ende der Nadel und klemmt es ein. Es ist zweckmäßig, an den Faden ein feines Häkchen zu binden und in dieses das Nadelsystem einzuhängen, weil dann der Faden weniger leicht beim Einführen und Herausnehmen der Nadeln abgerissen wird und man auch leicht mit den Nadelsystemen wechseln kann.

Die Enden des Multiplicatordrahtes werden am besten an Blechringe gelötet, Fig. 688, welche unter die Klemmschrauben Fig. 603 oder 605

Fig. 688.



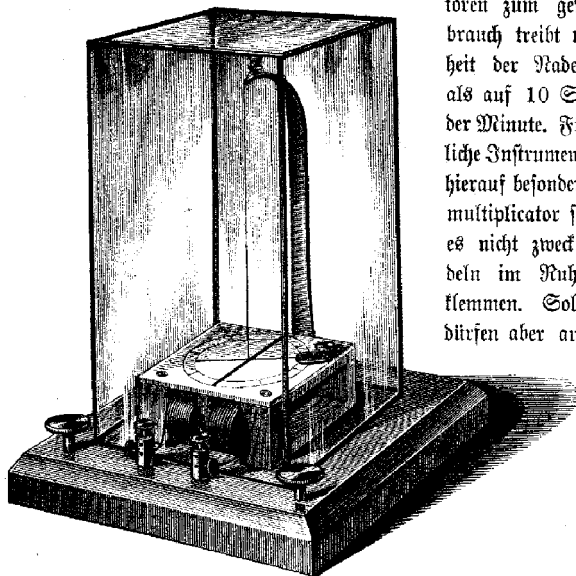
gelegt werden. Ueber das Instrument wird ein Glassturz gestellt, oder ein aus Glasscheiben mittelst Papierstreifen zusammengepapptes Glasgehäuse. Die Stellschrauben und Klemmschrauben müssen sich natürlich außerhalb des Glases befinden. Beim Gebrauche

wird der Multiplicator so gestellt, daß der Nullpunkt der Theilung nach Norden gerichtet ist. Gewöhnlich läßt man das zum Nordpol bestimmte Ende der Nadeln schwach blau anlaufen und nimmt die stärkere Nadel zwischen die Windungen, weil hier der wirksamere Platz ist. Daß man beim Gebrauche nicht den ersten Ausschlag der Nadel, sondern ihre Abweichung, nachdem sie zur Ruhe gekommen ist, als Vergleichungspunkt für die verschiedenen Stromstärken nehmen dürfe, ist bekannt, aber nur für dauernde Ströme anwendbar. Beim Multiplicator, sowie bei einer ganz einfachen Boussole steht aber die Stromstärke in keinem einfachen Verhältnisse zu der Ablenkung; dieses findet nur bei der Tangenten- und Sinusboussole Statt. Fig. 689 (a. f. S.) zeigt einen solchen Multiplicator im Ganzen.

Bei der Anfertigung astatischer Nadeln verfährt man so, daß man die Nadeln zuerst mit dem Streichmagnete gleich stark streicht, dann sie an ihre Stelle bringt und am Faden spielen läßt. Man magnetisirt nun noch eine

solche Nadel und giebt der stärkeren damit so lange längere oder kürzere Gegenstriche (jedemal an beiden Polen), bis das Paar in der Minute nur noch vier

Fig. 689.



oder noch weniger Schwingungen macht. Für Multiplicatoren zum gewöhnlichen Gebrauch treibt man die Gleichheit der Nadeln nicht weiter als auf 10 Schwingungen in der Minute. Für sehr empfindliche Instrumente, und es kommt hierauf besonders beim Thermomultiplicator sehr viel an, ist es nicht zweckmäßig, die Nadeln im Ruhezustande anzuklemmen. Solche Instrumente dürfen aber auch nicht herumgetragen werden, wenn sie ihre Empfindlichkeit behalten sollen.

Astatische
Nadeln nehmen, wenn

nicht eine derselben namhaft stärker ist als die andere, gern eine andere Stellung an als die des magnetischen Meridians. Für den Gebrauch am Galvanometer ist jedoch dieses nicht gerade nachtheilig, wenn man nur immer den Nullpunkt der Theilung in die Richtung der Nadel bringt. Es rührt dieser Uebelstand davon her, daß die Nadeln nicht in derselben verticalen Ebene sich befinden, und ist schwer zu entfernen; er tritt auch bei nur geringer Abweichung vom Parallelismus um so stärker hervor, je vollkommener das System astatisch ist. Vollkommen astatische Nadeln, die nicht in derselben verticalen Ebene sind, müßten sich eigentlich senkrecht zum magnetischen Meridian stellen.

Wenn man die obere Platte von Kupfer nimmt und sie mit Papier überzieht, um die Theilung darauf anzubringen, so dient sie ebenfalls als Dämpfer für die Schwingungen der Nadel, so daß diese dann eher zur Ruhe kommt; doch ist dieses bei der oben angegebenen Einrichtung des Rähmchens überflüssig.

Sehr bequem ist die Einrichtung, wo das Rähmchen mit den Drahtwindungen und die Klemmschrauben nebst dem Glasgehäuse auf einem besonderen Brettchen *aa*, Fig. 690, stehen, welches sich um einen Zapfen des Brettchens *bb*,

das die Stellschrauben hat, drehen läßt, da man in diesem Falle das Einstellen der Nadeln durch Drehung des oberen Brettchens leichter bewirken kann.

Fig. 690.



Zweckmäßig ist es, bei 90° und 270° dünne, etwa 2 bis 3 Linien hohe Messingstifte senkrecht in die Platte mit der Theilung einzuschrauben, damit die Nadeln nicht ganz

herumgeworfen werden können. Obwohl nämlich einfache Coconfäden innerhalb einer Umdrehung und bei der angegebenen Länge keinen Torsionswiderstand ausüben, so tritt dieses doch bei mehreren Umdrehungen nach und nach ein; auch kommt eine solche Nadel, welche nicht ganz herumgeworfen werden kann, viel eher wieder zur Ruhe.

Fig. 691.



Fig. 692.

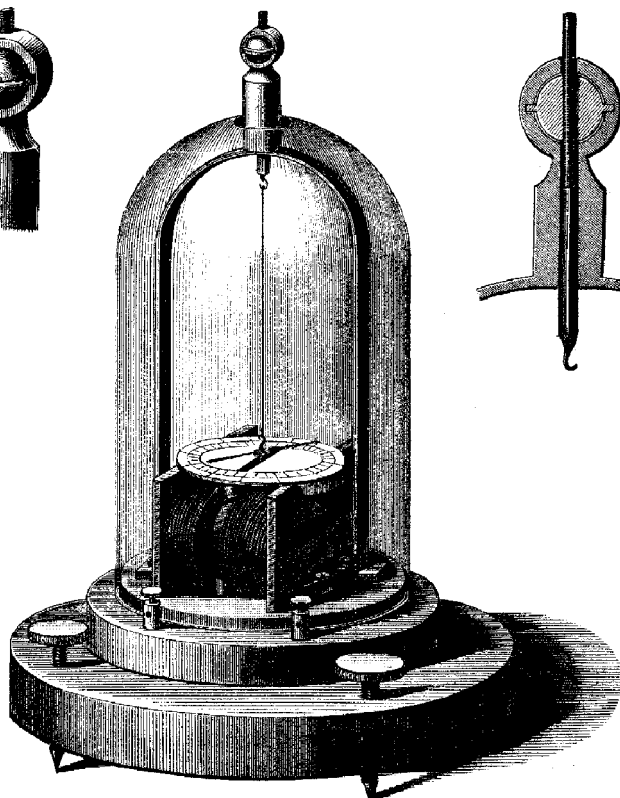
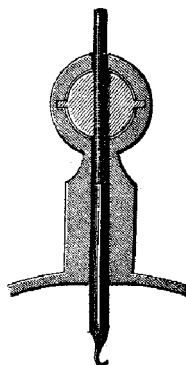


Fig. 691 a.



Bei sehr empfindlichen Multiplicatoren ist es auch zweckmäßig, wenn man die Nadel heben und senken kann, ohne den Glassturz weg zu nehmen. Man durchbohrt denselben zu dem Ende oberhalb und setzt auf den Träger des Coconfadens eine Hülse von Messing, wie sie Fig. 691 u. 691a (a. v. S.) in natürlicher Größe zeigen. Diese Hülse hat unten eine viereckige Oeffnung und oben einen Ring mit zwei Einschnitten; in diese Einschnitte wird eine — nicht nothwendig kugelförmige — Schraubenmutter geschoben. Der Träger des Fadens ist ein Häkchen, das sich an einem viereckigen Stifte befindet, welcher oberhalb in eine feine Schraube ausläuft; wird die Mutter gedreht, so zieht sie den Stift in die Höhe, da dieser sich in der viereckigen Oeffnung der Hülse nicht drehen kann. Fig. 692 (a. v. S.) zeigt einen Multiplicator, an dem alle diese Bequemlichkeiten angebracht sind. Das Rähmchen ist nur zwischen zwei auf das obere Brett geschraubte Holzleisten geschoben.

Bei dem Multiplicator kann man die Stromstärken etwa bis zu 20° Ablenkung als dieser Ablenkung proportional ansehen. Von da ab müßte man jedoch den Multiplicator nach Poggendorff's Methode aichen, wenn man denselben zu Messungen brauchen wollte. Man verwendet hierzu eine Thermosäule, der man am besten von jeder Seite eine Gasflamme gegenüber stellt, vor welchen man sie durch geeignete Schirme schützen kann. Man deckt nun zuerst eine Seite A auf und treibt die Ablenkung durch Annäherung der Flamme auf 25° . Sodann öffnet man die andere Seite B der Säule und treibt die Ablenkung auf 20° zurück, schließt dann A, worauf die Ablenkung der Nadel auf die entgegengesetzte Seite gehen und angehen wird, wie viel Stromstärke eigentlich erforderlich war, um die Nadel von 25 auf 20° zurück zu bringen; wären es z. B. 6° , so würde der Theilung 25 eigentlich die Stromstärke 26 entsprechen. Ebenso verfährt man mit 30° und wird z. B. ersehen, daß um die Nadel von 30° auf 25° zurückzutreiben, die Stromstärke 8 erforderlich war, wonach der Theilung 30 die Stromstärke 33 entspricht. Auf gleiche Weise verfährt man von 5 zu 5 Grad bis etwa 60° und ergänzt die Tabelle durch Interpoliren. Der Versuch muß indessen mehrere Male immer auch mit Umkehrung des Stromes wiederholt werden.

319 Das Uberspinnen des Drahtes. Feiner Draht, bis zur Dicke eines Millimeters, wird immer mit Seide übersponnen; für Galvanometer gewählt Seide noch den Vortheil, daß die Drähte beim Aufwickeln weniger Raum einnehmen. Dickere Drähte überspinnnt man jetzt gewöhnlich mit Wolle, oder umwickelt sie mit seidenen Bändern, die man aus altem Seidenzeuge schneiden, zusammennähen und ausblügelu läßt, da neue Bänder sehr theuer zu stehen kommen. Dünne Drähte kann wohl jeder Posamentier in beinahe beliebiger Länge überspinnen, dickere aber lassen sich nicht mehr gut auf kleine Spulen

wickeln, und es hängt dann von der Localität des Arbeiters ab, wie lang das Stück sein soll, das er überspinnen kann. Eine von Mohr angegebene Maschine, um Draht ohne Ende zu überspinnen, enthält der folgende Paragraph. Läßt man beim Fosamentier überspinnen, so wird es am besten sein, demselben den ausgeglühten Kupferdraht zuzuwägen und mit ihm über den Preis des versponnenen Quentchens Seide zu accordiren, damit er kein Interesse habe, die Seide zu dünn auslaufen zu lassen; da man auch in der Farbe verschossene Seide verwenden kann, so wird man, wenigstens bei dickeren Drähten, nur wenig über den eigentlichen Seidenpreis bezahlen müssen. Bei Wolle verhält sich das freilich anders.

Müssen die Drähte zusammengesetzt werden, so schabt man die Enden rein und dreht sie mit zwei Flachzangen fest aneinander und verlöthet sie zur Sicherheit mit Zinn. Bei dickeren Drähten stört dieses die Regelmäßigkeit der Bindungen, und man wird hier besser thun, die Drähte mit leichtflüssigem Silberbeschlagloth zusammen zu löthen und dann auf die gehörige Dicke zu befeilen; die entblößte Stelle kann man von der Hand mit Seide oder Wolle unwickeln *).

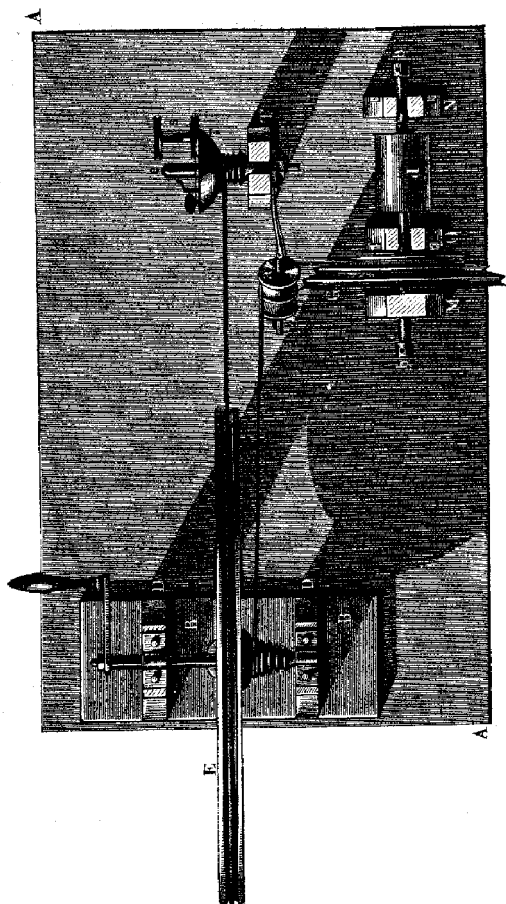
Die Spinnmaschine. Eine einfache Maschine zum Ueberspinnen 320 endlosen Drahtes zeigen die Fig. 693, 694, 695, 696, 697 (a. ff. S.); gleiche Theile sind in allen Figuren mit denselben Buchstaben bezeichnet, und die Figuren 696 u. 697 geben den Maßstab, da sie in der halben wirklichen Größe gezeichnet sind.

Auf dem mit vier Füßen versehenen Grundbrette *A* liegt zunächst das Brett *BB*, welches durch eine hölzerne Schraube *C*, deren Mutter unter *AA* ihren Platz hat, festgeschraubt werden kann; die Schraube hat in *AA* einen Schlit, wodurch es möglich wird, das Brett *B* und das von ihm getragene Rad *E* zu verrücken und die Schnüre zu spannen. Das Rad *E* wird von den beiden hölzernen Stützen *DD* getragen, und seine eiserne Axe ist durch messingene Bänder und Lager auf diese Stützen befestigt. Die Axe könnte auch in Holz laufen. Das Rad *E* hat an seinem Umfange einen großen Schnurlauf und an seiner Axe fünf kleine von abnehmendem Durchmesser. In ersterem läuft die Schnur, welche die Spule um den Draht führt; in einer der letzteren aber jene Schnur, welche den Draht vorwärts schiebt. Wir verfolgen zuerst die letztere. Sie läuft von dem Rade über zwei Rollen *aa*, deren jede an einem glatten Eisenstabe gleiten kann, welcher in schiefer Richtung in das Grundbrett gesteckt ist und oberhalb durch ein an den Ständer *T* befestigtes, einerseits zu

*) Sehr regelmäßig übersponnenen Draht bekommt man bei Balthasar Stieber, Drahtfabrikant in Nürnberg; die Preise wechseln nach der Feinheit des Drahtes.

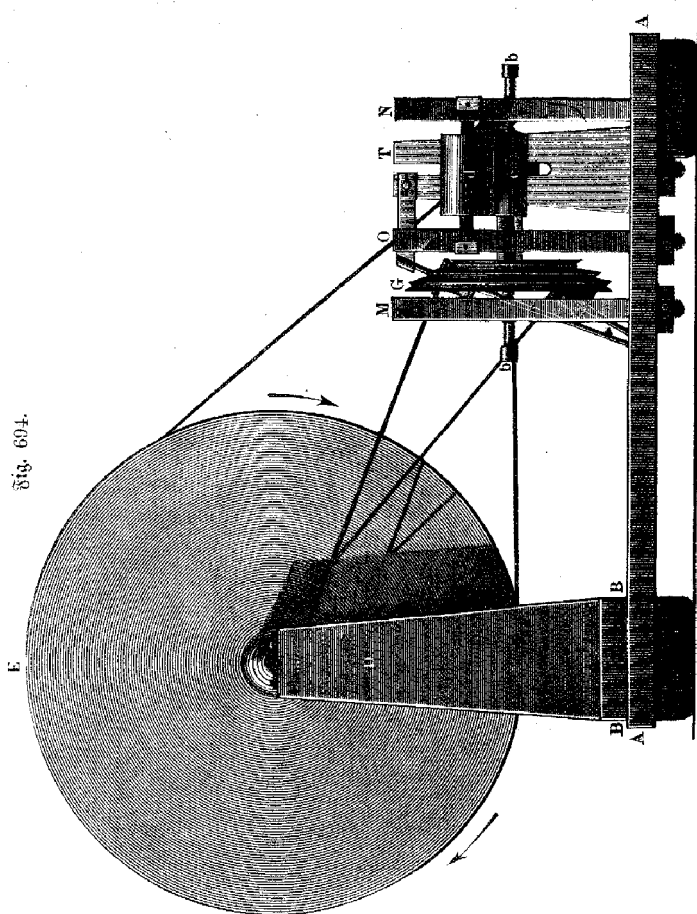
einem Röhrchen umgebogenes Messingblech gehalten wird. Da man das Blech wegnehmen können soll, so ist es nur mit einem Schlige versehen, der unter

Fig. 693.



einen Schraubenkopf geschoben wird, durch dessen Anziehen das Blech fest wird. Von den Rollen *aa* geht die Schnur rechtwinklig zur bisherigen Richtung auf eine Scheibe *G* mit drei Schnurläufen, deren eiserne Ase an zwei mit Spitzen versehenen Schrauben *bb* läuft, die ihre Mutter im Holze der Ständer *MN* haben. Da der dritte Ständer *O* bis weit herunter geschlitt ist, so kann die Scheibe *G* mit ihrer Ase und der noch weiter daran befindlichen eisernen mit

Eder überzogenen Walze *c* leicht zwischen die Schrauben gebracht werden, an welchen sie laufen soll. Die Walze *d* ist von Blei, gleichfalls mit Leder über-

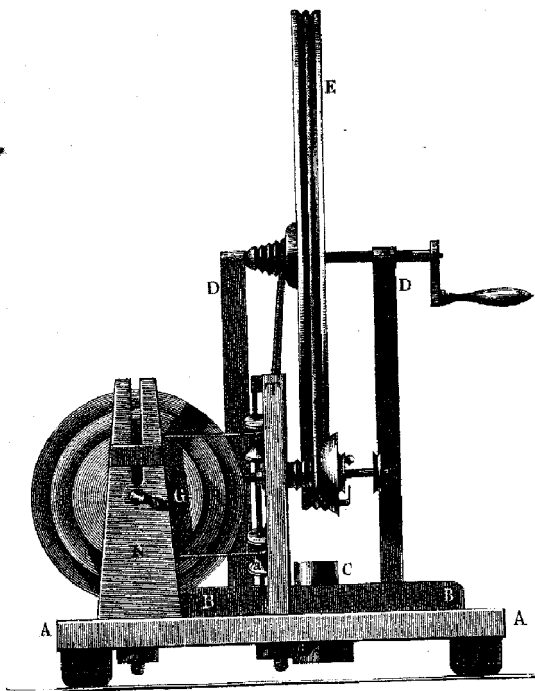


zogen, und liegt mit ihrer eisernen Ase lose in den Schlitzen der Ständer *NO*; sie dient, den zwischen beiden Walzen liegenden Kupferdraht fest auf die Walze *c* zu drücken, so daß er vorwärts geschoben werden muß, wenn das große Rad in der Richtung des Pfeiles gedreht wird. Der Draht wird dadurch dem Ständer *T* zugeführt und durch die Röhre *x* (Fig. 696 a. S. 499) hindurch geschoben. Diese Röhre *x* ist durch einen Schlitz in den Ständer *T* geschoben und darin durch

And's vorstehende Zeichnung.

den Ansatz *y* und die Mutter *Z* an solcher Stelle festgehalten, daß die Mitte des Drahts stets mit der Ase der Röhre zusammenfällt. Auch der Ständer *T* kann in dem Schlitz *e* verschoben werden. Auf der andern Seite des Ständers *T* bildet die Röhre *x* die Ase, um welche sich das Spinnstück *r* dreht, auf dessen verschiedene Schnurläufe die über das große Rad geschlungene Schnur geführt werden kann. *r* hat einen messingenen Bug und läuft sehr leicht auf *x*, wird aber auf demselben zurückgehalten, durch das in *x* geschraubte Messing-

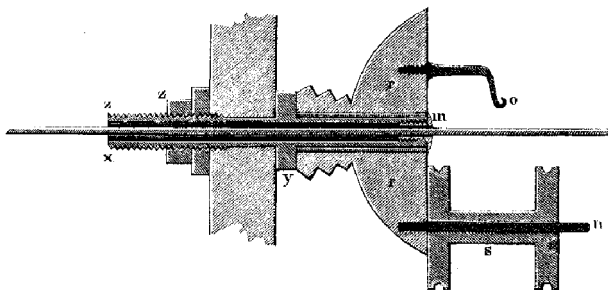
Kig. 695.



stift *m*, deren man mehrere haben muß, weil die darin befindliche Oeffnung nur wenig weiter sein darf als der zu überspinnende Draht. Auf *r* steckt an einem glatten Drahte *n* die Spule *s*, deren man mehrere vorrätzig mit Seide oder Wolle gefüllt hat; das Aufspulen geht an einer Drehbank sehr leicht. Von der Spule wird der Faden erst über das Dehr *o* geführt, ehe er auf den Draht gebunden wird; ein kleiner, ebenfalls auf *r* stecender drehbarer Bügel *p* verhindert, daß die Rolle den Stift *n* wieder verlasse. Damit die Rolle nicht schneller umlaufe, als der Faden auf dem Drahte verbraucht wird, was, je nach-

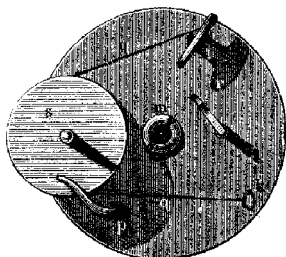
dem die Spule gefüllt ist, ungleich schnell geschieht, so ist über eine der Scheiben der Spule der dünne Messingdraht $q q$ (Fig. 697) geführt, welcher in k ein

Fig. 696.



gehängt ist und durch den Nagel z gespannt werden kann; man kann dadurch die Reibung der Spule beliebig vergrößern.

Fig. 697.

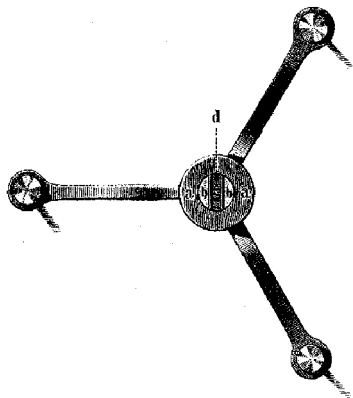


Je nachdem man nun die Schnur-
läufe wählt, kann man das Verhältnis
zwischen dem Vorrücken des Drahtes und
den Umdrehungen der Spule ändern,
und dadurch mehr oder weniger dick über-
spinnen. Der Draht wird am besten auf
einer leicht beweglichen Rolle hinter der
Maschine aufgestellt, so daß er möglichst
glatt in dieselbe einläuft; der bereits
überspinnene Draht häuft sich vor der
Maschine an; er muß aber dort von einer
Person empfangen und sofort in Ringe aufgewickelt werden, wenn er mehr als
Millimeter dick ist. Aller Draht muß vor dem Uberspinnen gut ausgeglimmt
werden.

Die Tangentenboussole. Sie besteht aus einem starken kupfernen 321
Ringe (2 bis 3 Millimeter dick und 1 bis 2 Centimeter breit) von mindestens
1 Fuß Durchmesser, dessen Enden nicht zusammengelötet, sondern geradlinig
abgebogen sind, wie Fig. 699. Zwischen die beiden Ausläufer des Ringes wird
ein gefirnissetes Brettchen d von gleicher Breite wie das Kupfer gelegt, und dann
das Ganze in die entsprechend weit gebohrte Oeffnung des Cylinders aa , Fig.
698 und 699 (a. f. S.), geschoben und durch die ergänzenden Holzstücke bb
darin befestigt. Der Cylinder aa erhält drei Füße mit Stellschrauben und
zwischen diesen ragen die von einander gebogenen Enden des Kupferstreifens

heraus, um an sie mittelst Klemmschrauben, welche am zweckmäßigsten daran verlöthet sind, die zuleitenden Drähte zu befestigen. Letztere werden bis 1 Meter

Fig. 698.



lang und 2 bis 3 Millimeter dick genommen, mit Seide umwickelt und um einander herumgewunden, damit die vorwiegende Einwirkung eines derselben verhütet und die Einwirkung der übrigen Stromtheile durch die Entfernung vermieden wird.

Anstatt die Füße unmittelbar an den Cylinder *aa* zu befestigen, in welchen die Enden des Kupferstreifens gesteckt sind, kann man diesen zu einem Zapfen abbrehen, der sich in einem zweiten Cylinder *cc*, Fig. 700, drehen und durch eine Druckschraube *e* feststellen läßt, und erst an diesem Cylinder die Füße anbringen. Man er-

reicht dadurch den Vortheil, daß man den Ring unabhängig von den Füßen in die gehörige Stellung drehen kann.

Fig. 699.

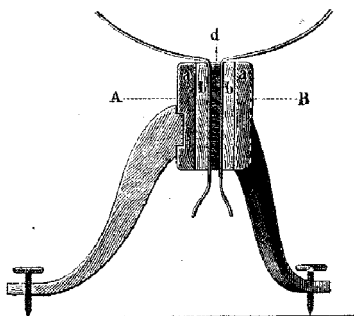
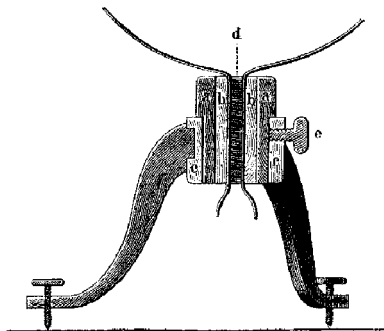


Fig. 700.

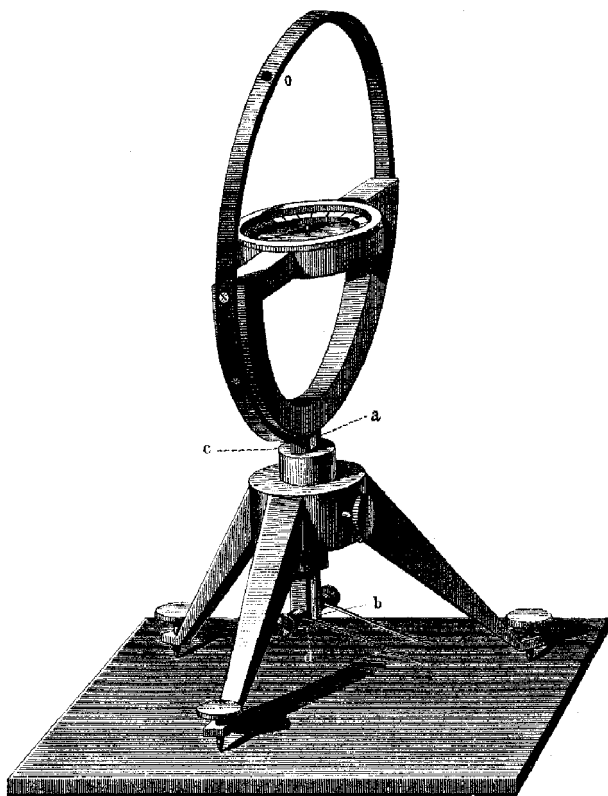


In den kupfernen Ring setzt man ein hölzernes, mit einer zum Ringe passenden kreisförmigen Vertiefung versehenes Gestell, welches bestimmt ist, eine Bouffole mit nur 1 Zoll langer Magnetnadel zu tragen. Das Gestell muß so hoch sein, daß der Mittelpunkt der Nadel mit jenem des Kupferringes zusammenfällt. Fig. 701 zeigt den ganzen Apparat.

Eine nur einen Zoll lange Magnetnadel hat den Nachtheil, daß sie kaum eine Theilung von zwei zu zwei Graden zuläßt, welche außerdem auch nur eine

unsichere Ablefung erlaubt, wenn die Abweichung der Nadel klein ist, diese also nicht viel über die Ebene des Kupferringes hervortritt. Bei Fig. 701 ist eine

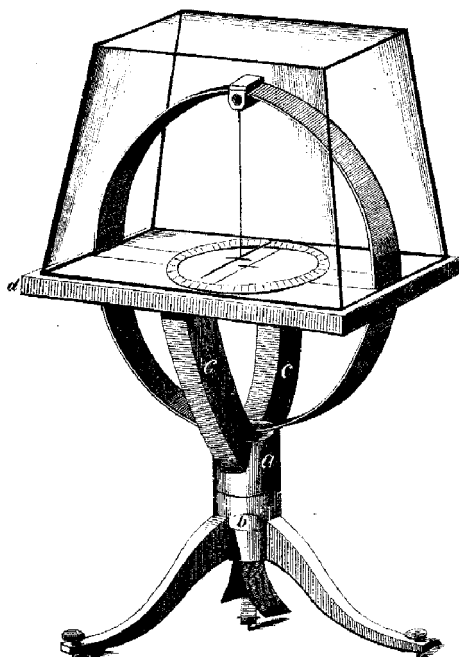
Fig. 701.



größere Theilung angewendet, und die kleine Magnetnadel trägt aufgeklebte Fäden aus schwarzem Glase, welche bis auf die Theilung reichen. Wohlfeiler und gleich zweckmäßig ist es, auf dem Cylinder *a*, Fig. 702 (a. f. S.), zwei Stützen *cc* anzubringen, welche ein kleines Tischchen *dd* tragen, dessen Länge etwa 2 Zoll mehr beträgt als der Durchmesser des Ringes, und das etwa 6 Zoll breit ist. Dieses Tischchen erhält in der Mitte einen Ausschnitt, um den Ring durchstecken zu können, der Ausschnitt wird aber sodann durch ein eingefestetes Stkck wieder eben ausgefüllt. Auf dieses Tischchen kann man nun entweder eine größere Boussole aufstellen, welche die in §. 229 beschriebene Einrichtung

hat, oder man bringt auf dem Tischen selbst eine auf Papier verzeichnete Kreistheilung an, welche die beiden Nullpunkte in einer zur Ebene des Ringes senkrechten Linie hat; die

Fig. 702.



Zahlen der Theilung laufen dann beiderseits von jedem Nullpunkte bis 90.

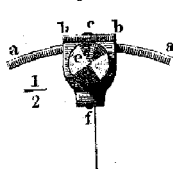
Die Nadel besteht in diesem Falle aus einem Zoll langen Stücke einer stählernen Stricknadel mit einer Hülse, wie Fig. 684, und an diese Hülse werden senkrecht zur Nadel und in gleicher Ebene mit ihr zwei sehr dünne Drähte angebunden, welche bis auf die Kreistheilung herausreichen. Aufgehängt wird diese Nadel durch einen einfachen Cocoonfaden an dem Kupferringe selbst, durch die in Fig. 703 und 704 abgebildete Vorrichtung.

Diese besteht aus einem Stückchen Holz, das oberhalb einen für den Ring *a* passenden Einschnitt hat. Der Einschnitt muß etwas weniger tief sein, als die

Fig. 703.



Fig. 704.



Dicke des Ringes erfordert, damit der Träger des Fadens mittelst der beiden kleinen Holzschrauben *c* und des Holzstückchens *b* an der passenden Stelle des Ringes festgehalten werden kann. Von unten ist dieser Träger ebenfalls ausgeschnitten, so daß dadurch die beiden

Backen *dd* entstehen, durch welche der Nagel *e* gesteckt wird, der sich darin mit geringer Reibung drehen läßt. Auf diesen Nagel wird der Cocoonfaden aufgewickelt und läuft von da durch einen glatten Einschnitt über das Messingplättchen *f*, welches durch Schraubchen von unten auf die Backen *dd* befestigt ist; der Einschnitt des Messingplättchens befindet sich genau senkrecht über dem

Centrum der Theilung auf dem Tischchen. Um den Luftzug abzuhalten, bedeckt man das Ganze durch ein aus Scheiben mit Papiersstreifen zusammengeliebtes Glasgehäuse, wozu eben das Tischchen erforderlich ist. Die Nadel kann in ihrer Ruhelage durch eine ähnliche Vorrichtung befestigt werden, wie sie beim Multiplikator angegeben wurde, oder man kann auch unten an den Coconfaden ein feines Fädchen anbinden und an diesem die Nadel aufhängen. Man erreicht hiedurch eine große Empfindlichkeit des Instruments, während es doch noch für die stärksten Ströme brauchbar bleibt, ferner ein bequemes Ablesen, und eine jedenfalls bis auf einzelne Grade gehende Theilung des Kreises. Sollten dann auch die an die Nadel befestigten Drähte etwas verbogen sein, so kann man sich ihre Abweichung merken, bevor der Strom hindurch geleitet wird, und den Fehler corrigiren.

Noch größere Genauigkeit wird erreicht, wenn man innerhalb der Kreistheilung das Tischchen etwa eine halbe Linie tief ausnimmt und ein Stück von einem Spiegel hinein legt, was durch das Papier mit der Theilung zugleich gehalten wird, oder auch außerhalb dieser durch einen kreisrunden schmalen Messingstreifen mittelst ein paar Schraubchen besonders gehalten werden kann. Wenn man bei der Ablesung das Auge jedesmal in die Stellung bringt, daß der feine Draht sein Spiegelbild deckt, so vermeidet man sicher einen parallaxtischen Fehler. Es ist diese Einrichtung zu gleichem Zwecke noch bei manchen anderen Instrumenten anwendbar, wo es sich um genaues Ablesen handelt.

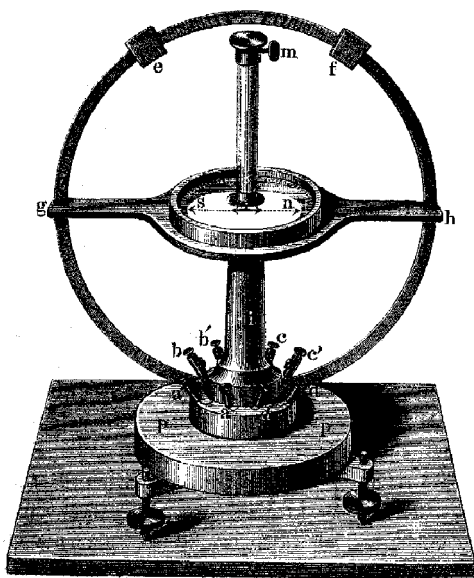
Werden die Glasfäden in die Pollinie der Nadel befestigt, also das Null der Theilung in die Ebene des Ringes verlegt, so erhält dieser kleine Oeffnungen o, Fig. 701, um die Einstellung der Nadel zu bewirken und kleine Ablenkungen abzulesen. Allein die senkrechte Stellung der Glasfäden ist weit vorzuziehen, wegen des bessern Ablesens, namentlich bei geringer Ablenkung.

Bei der hier beschriebenen Einrichtung der Tangentenboussole wird eine Sinusboussole beinahe entbehrlich, da sich letztere nur dadurch von der gewöhnlichen Tangentenboussole auszeichnet, daß sie auch für kleinere Ströme empfindlich genug ist; sie ist aber zusammengesetzter und darum auch theurer. Beim Gebrauch stellt man die Tangentenboussole so, daß die Ebene des Ringes mit dem magnetischen Meridian zusammenfällt, und richtet mittelst der Stellschrauben der Füße den Tisch horizontal; letzteres ist erreicht, wenn die Mitte der Nadel mit der Mitte des getheilten Kreises zusammenfällt, vorausgesetzt, daß man den Träger des Coconfadens einmal richtig gestellt habe, für welchen Zweck freilich das Tischchen einmal mit der Wasserwaage eben gestellt worden sein muß. Um die Ebene des Ringes richtig in den magnetischen Meridian zu bringen, muß die Mittellinie der Kreistheilung ausgezogen sein — auf einem Spiegel mit dem Diamant — und genau mit der Mitte des Ringes zusammenfallen. Um zu beobachten, ob die Richtung der Nadel genau mit dieser Linie übereinstimme,

erhält der Kupfererring zwei etwas längliche Schlitze in der Entfernung von etwa 45° von der Ebene des Tisches. Letzteres ist auch erforderlich, wenn, wie bei Fig. 701, die Nadel unmittelbar die Theilung anzeigt.

Die Empfindlichkeit solcher Instrumente, d. h. das Verhältniß der Tangente der Ablenkung zur wirklichen Stromstärke, hängt von den Dimensionen derselben ab und sollte einmal durch eine Anzahl von Versuchen bestimmt werden, indem man zugleich einen Wasserzersetzungssapparat, wie Fig. 659 oder 661, einschaltet und das Knallgas in einer geachteten Röhre auffängt. Man berechnet dann aus den einzelnen Versuchen die der Tangente 1 entsprechende Knallgasmenge, und nimmt aus allen das Mittel, wodurch man die Aiche der Bouffole erhält und dann nach dieser leicht die jeder Stromstärke entsprechende Menge Knallgas angeben kann. So werden die Angaben der einzelnen Instrumente vergleichbar. Die Tangentenbouffole ist aber jedenfalls als Strommesser viel bequemer und besser als der Wasserzersetzungssapparat; denn letzterer nimmt einen Beobachter für sich in Anspruch, während ein Blick auf die Bouffole den Zustand des Stromes erkennen läßt; außerdem hat der Wasserzersetzungssapparat noch den Nachtheil, daß er den Strom bedeutend schwächt, und daß man immer noch die erhaltene Knallgasmenge auf die Temperatur 0 und den Druck von 76 Centimetern zu reduciren hat.

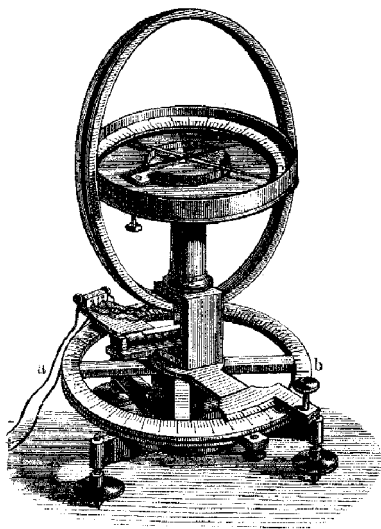
Fig. 705.



Man kann die Tangentenboussole auch dadurch empfindlicher machen, daß man einen dicken Draht mehrfach um einen hölzernen, mit einer Rinne versehenen Reifen windet. Ist hier jeder Ring für sich mit einer Klemmschraube versehen, so kann man dieselben beliebig combiniren, um die Empfindlichkeit und den Widerstand den Umständen anzupassen. Größere Ringe als 10 bis 15 Nadel-längen sind in keinem Falle erforderlich. Fig. 705 zeigt einen solchen Apparat, bei welchem die Drahtringe nur durch die Klemmen *e, f* zusammengehalten sind.

Die Sinusboussole. Bei dieser wird der elektrische Strom durch 322 einen Kupferdraht geleitet, welcher ein oder gewöhnlich mehrere Male um einen hölzernen Kreis von 6 bis 8 Zoll Durchmesser gewunden ist, mit dessen Mittelpunkt die Mitte einer Magnetonadel zusammenfällt, welche sich in einem fest mit dem hölzernen Ringe verbundenen Gehäuse befindet, Fig. 706. Dieses System ist an einer mit einem horizontalen getheilten Kreise concentrischen Axe befestigt

Fig. 706.



und führt zugleich den Index dieser Theilung, welcher auf Null stehen muß, wenn die Drahtwindungen in die Ebene des magnetischen Meridians gestellt sind, was vor dem Gebrauche geschehen muß. Wird die Nadel durch den Strom abgelenkt, so führt man ihr die Drahtwindungen so lange nach, bis diese und die Nadel wieder in derselben Ebene liegen, wo dann die Stromstärke dem Sinus des Ablenkungswinkels, welcher auf dem horizontalen Kreise abgelesen wird, proportional ist. Auch hier kann ein Coconsfaden zum Aufhängen der Nadel verwendet werden. Die Empfindlichkeit des Instru-

ments nimmt zu mit der Zahl der Windungen. Bei Strömen von einer gewissen Stärke wird es jedoch in jedem Falle unbrauchbar, da die Sinuse nicht wie die Tangenten ins Unendliche wachsen. Es giebt jedoch Mittel, ein solches Instrument auch für diese Fälle einzurichten, doch wäre es gegen den Zweck dieses Buches, hierbei weiter ins Einzelne zu gehen, da eine Tangentenboussole für die Zwecke des Unterrichts so wie für wissenschaftliche Untersuchungen vollkommen

ausreichend ist, und bei einer Sinusbouffsole nicht wohl vom Selbstanfertigen die Rede sein kann, dieselbe auch so ziemlich außer Gebrauch gekommen ist.

323 Leitungsfähigkeit und das Ohm'sche Gesetz. Um die hierher gehörigen Gesetze bequem erläutern zu können, nimmt man durchaus nur constante Ketten von ziemlicher Stromstärke. Die erforderlichen Drähte werden auf hölzerne Cylinder von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser und 2 bis 3 Zoll Länge gewickelt, in deren Oberfläche Schraubengänge von etwa einer Linie Steigung geschnitten sind. Man verwendet hierzu am besten Birnbaumholz, das recht trocken ist, und läßt die fertigen Cylinder noch einige Zeit liegen, weil sonst die Drahtwindungen durch das Schwinden des Holzes bald locker werden. Die Enden der Drähte werden am einfachsten durch Löcher gesteckt, welche senkrecht zur Axe des Cylinders durch diesen gebohrt sind, und hier durch kleine Holzpflocke befestigt; an die hervorragenden Enden löthet man zur Schonung 3 bis 4 Centimeter lange, dicke Kupferdrähte. Für den Kupferdraht, auf den man doch die Vergleichenungen bezieht, schmilzt man am besten galvanisch reducirtes Kupfer ein und läßt ihn durch einen Gürtler oder Goldschmied ausziehen. Die verschiedene Leitungsfähigkeit der Metalle wird am anschaulichsten, wenn man sich zugleich mit dem Kupferdraht auch noch einen Messingdraht, einen Eisendraht und einen Neusilberdraht durch dasselbe Ziehloch ziehen läßt, und von ihnen gleich lange Stücke auf die eben beschriebenen hölzernen Cylinder wickelt. Ebenso läßt man sich einen Kupferdraht von gleicher Länge und doppeltem Durchmesser ziehen. Die Drähte müssen aber überhaupt nur dünn ($\frac{1}{2}$ Millimeter etwa) und gegen 3 Meter lang sein. Für die meisten Fälle wird man sich damit begnügen können, die Einwirkung auf die Tangentenbouffsole zu zeigen, wenn diese Drähte nacheinander eingeschaltet werden.

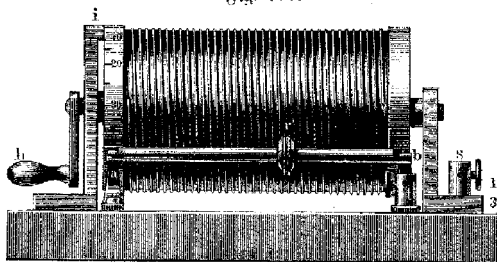
Will man sich nicht damit begnügen, im Allgemeinen an der Tangentenbouffsole die verschiedene Stromstärke zu zeigen, je nachdem der eine oder der andere Draht eingeschaltet wird, so muß zuerst der Widerstand des Elementes einschließlich der Bouffsole und deren Zuleitung dadurch bestimmt werden, daß man zuerst nur die Bouffsole in den Strom einschaltet, dann von dem Kupferdrahte nach und nach 1, 2, 3 u. Meter, und aus den Tangenten der jedesmaligen Ablenkung nach dem Ohm'schen Gesetze den Widerstand für das Element und die Bouffsole berechnet, indem man jede Beobachtung mit jener ohne besondere Drahteinschaltung combinirt *). Allein ein solches Verfahren ist für den Unterricht wohl meistens zu umständlich. Viel einfacher lassen sich diese Gesetze durch den Rheostat zeigen.

*) Combinirt man sie unter sich, so erhält man immer größere Zahlen für den Widerstand des Elements, je größer die eingeschalteten Drahtmengen sind, weil sich die Polarisation ändert.

Der Rheostat. Der Rheostat ist eine Vorrichtung, wodurch man beliebige, aber immer genau sich an dem Apparate selbst messende Längen desselben Drahtes in den Strom einschalten kann, ohne deswegen denselben unterbrechen zu müssen. Man hat dafür mancherlei Vorrichtungen erdacht, von denen hier nur die folgende ursprünglich von Wheatstone angegebene, aber mannigfaltig abgeänderte Form beschrieben werden soll.

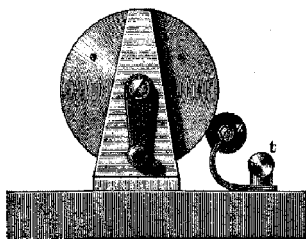
Der Apparat besteht in der Hauptsache aus einer Walze von Serpentin oder Marmor (Holz macht den Draht durch sein beständiges Wachsen und Schwinden bald locker), in welchen Schraubengänge von 3 bis 4 Millimeter Steigung eingedreht sind, Fig. 707. Die metallene Ase des Cylinders besteht nur aus zwei Zapfen, wovon der eine eine Kurbel trägt. An beiden Enden

Fig. 707.



trägt die Walze Messingreifen, deren einer in 100 Theile getheilt ist und für welchen der eine der beiden die Walze stützende Ständer einen Zeiger *i* trägt. Der andere Reif steht mit dem Axenstück seiner Seite in metallischer Verbindung und an ihm ist zugleich der Anfang eines Neusilberdrahtes von $\frac{1}{2}$ bis 1 Millimeter Durchmesser angelöthet, welcher in die Schraubengänge gewunden und am anderen Ende in einem Loche der Walze befestigt ist. Auf dem Messingstab *ab* kann sich die Rolle *r*, Fig. 708, verschieben; sie hat eine der Draht-

Fig. 708.

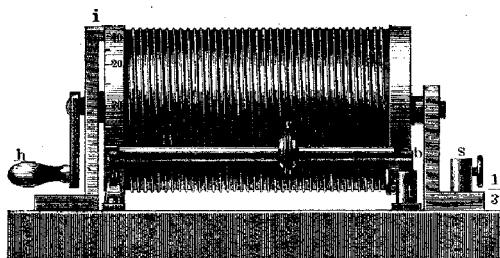


bide entsprechende Rinne und der Stab *ab* selbst eine den Schraubengängen entsprechende Theilung, welche auf der rechten Seite beginnt und so gerichtet ist, daß das rechts freie Stück des Stabes die Zahl der Schraubengänge anzeigt, um welche die von der Rolle berührte Drahtwindung vom rechten Ende absteht. Die Theilung auf dem Messingringe muß auf 0 stehen, wenn die Rolle gerade eine ganze Zahl von Windungen absteht. Der

Stab *ab* wird durch zwei ziemlich starke Federn, deren eine unter der Klemm-

Schraube *t* liegt, gegen die Walze gehalten, Fig. 709. Wird die Kurbel gedreht, so verschiebt sich die Rolle auf dem Drahte *ab* und man kann also auf diesem

Fig. 709.



und der Theilung der Walze selbst stets ablesen, wie viel Draht zwischen die beiden Klemmschrauben *s* und *t* eingeschaltet ist, da der Strom von *s* in den Ständer, von diesem in die Axt, dann in den einen Messingring, in den Draht, in die Rolle, den Messingstab, die Feder und endlich in die Klemmschraube *t* übergeht.

Die ursprüngliche Bestimmung des Rheostats ist die, durch ihn einen Strom stets auf der gleichen Stärke erhalten zu können, wenn sich auch der sonst einzuschaltende Widerstand oder die Kraft des Elementes ändert. Wie dieses erreicht wird, ergibt sich aus der Beschreibung des Apparates von selbst.

Man kann aber auch mittelst des Rheostats jeden anderen eingeschalteten Widerstand in Drahtlängen von der Beschaffenheit des auf ihm befindlichen Drahtes ausdrücken, indem man den Index des Rheostates auf 0 stellt, den Widerstand einschaltet, die Abweichung der Tangentenboussole beobachtet, den Widerstand wieder entfernt und dann durch Drehen des Rheostats so viel von seinem Drahte einschaltet, bis die Boussole wieder die gleiche Abweichung zeigt. Schaltet man auf diese Art nach einander gleich lange und gleich dicke Drähte von verschiedenem Materiale ein, so sind ihre Leitungsfähigkeiten den eingeschalteten Drähten des Rheostats umgekehrt proportional, und man ist der unsicheren Bestimmung des Widerstandes des Elementes und der umständlichen Rechnung überhoben. Ebenso kann man durch Einschaltung ungleich dicker und langer Drähte das Ohm'sche Gesetz nachweisen. Es dürfen jedoch keine so starken Ströme durch den Rheostat geleitet werden, daß sich der Draht desselben erwärmt, weil dadurch sein Widerstand geändert wird. Es wäre darum gut, wenn man für gewisse Zwecke die Drähte des Rheostats wechseln und für stärkere Ströme stärkere Drähte einziehen könnte, allein bei den meisten Einrichtungen geht dieses nicht gut an; insbesondere erträgt der gewöhnlich so genannte Wheatstone'sche Rheostat — mit zwei Walzen — nicht wohl einen etwas stärkeren Draht. Ueberhaupt sind diese Rheostate nicht zu ganz genauen Messungen verwendbar.

Da wir uns aber grundsätzlich nicht mit dieser Aufgabe befassen, so müssen die hierzu tauglichen Apparate, wie der Rheochord von Poggendorff u. A., übergangen werden.

Die Leitungsfähigkeit des guten künftlichen Kupfers hat sich bei diesen Versuchen fast viermal größer gezeigt als die des besten Messings, da nun aber der Preis des Kupfers nicht um die Hälfte höher ist als der Preis des Messings, so ist es viel wohlfeiler, bei allen Apparaten für galvanische Ströme Kupfer zu verwenden. Man erreicht dabei noch den Vortheil, daß man es mit dünneren Drähten zu thun hat, welche leichter zu handhaben sind als die Messingdrähte von doppeltem Durchmesser und doch nur gleicher Wirkung. Dünne Drähte nehmen auch beim Aufwickeln derselben weniger Platz ein, gestatten also auf demselben Raum mehr Windungen. Die größere Wohlfeilheit der Kupferdrähte gegen Messingdrähte tritt aber besonders dann hervor, wenn dieselben mit Seide übersponnen werden müssen, da ein Draht von doppeltem Durchmesser auch doppelt so viel Seide erfordert.

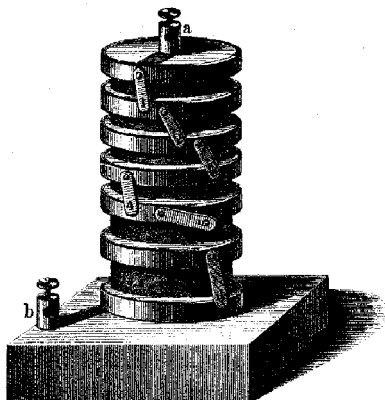
Da man jedoch nicht überall Kupferdraht von verschiedener Stärke vorrätig findet, so muß man sich denselben gewöhnlich eigens kommen lassen. Es genügen dabei drei Sorten für beinahe alle Fälle, nämlich Draht von 2 bis 3, von 1 und von etwa $\frac{1}{4}$ Millimeter Durchmesser.

Mass des Leitungswiderstandes. Man nimmt jetzt ziemlich 325 allgemein als Maß des Leitungswiderstandes denjenigen Widerstand an, den ein Kupferdraht von 1 Meter Länge und 1 Millimeter Dicke dem Strom entgegensetzt. Es ist hierzu galvanisch reines Kupfer nöthig, bei dessen Einschmelzung nicht mit eisernem Stabe umgerührt werden darf. Beim Ausziehen zu Draht wird man allerdings nicht gerade 1 Millimeter Dicke erreichen, aber dieses ist auch gar nicht nöthig, wenn nur die Dicke des Drahtes genau gemessen werden kann, was am sichersten mittelst eines Schraubenmikrometers unter dem Mikroskope geschieht, wozu man sich eben einmal Gelegenheit suchen muß, wenn man nicht selbst ein solches besitzt. Kennt man nun die Dicke und Länge des auf der in §. 323 erwähnten Rolle aufgewickelten Kupferdrahtes, so kann man leicht berechnen, wie groß sein Widerstand gemessen durch die eben genannte Einheit ist, und dieses auf die Rolle schreiben. Ebenso wird man einmal den Draht des Rheostats mit diesem Kupferdrahte vergleichen, um auch seinen Widerstand in der allgemeinen Einheit auszudrücken.

Es ist bei manchen Versuchen wünschenswerth, schnell einen bestimmten Widerstand in eine galvanische Kette einschalten zu können; hierzu ist die von Eisenlohr angegebene Widerstandssäule Fig. 710 (a. f. S.) sehr bequem. Dieselbe besteht aus einem Holzcylinder, zu welchem entweder mit Delfirniß getränktes Holz oder Mahagoniholz genommen wird, in welchen eine Anzahl Rinnen —

am besten 9 — eingedreht sind, deren Breiten nicht gerade wie die Zahlen 1 bis 9 wachsen müssen, da man dieselben ungleich tief machen kann. Die

Fig. 710.



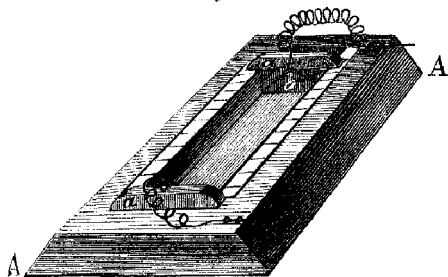
dazwischen stehenden bleibenden Holzwände werden mit messingenen Ringen belegt, und eine kleine, aber etwas dicke messingene Brücke, die sich unter einer Schraube dreht, kann von einem Ringe zum anderen gelegt werden, wie die Figur zeigt; diese Brücken müssen ein wenig gebogen sein, so daß sie sich spannen, wenn sie auf den nächsten Ring geschoben werden. In diese Rinnen wickelt man nun übersponnenen Draht von bekanntem Widerstande, am besten so, daß der kürzeste die angenommene Widerstandseinheit einmal oder eine ganze Anzahl Mal enthält, was oben auf der Säule notirt wird. Die Drahtlängen, welche in die einzelnen Rinnen kommen, wachsen wie die Zahlen 1 bis 9; jeder Draht ist mit den Enden an seine zwei nächsten Ringe verlötet, und der oberste Ring steht mit der Klemmschraube *a*, der unterste mit *b* in Verbindung. Wird diese Säule mittelst der Klemmschrauben *a* und *b* in einen Strom eingeschaltet, so durchläuft dieser nur die Brücken, deren Widerstand unbedeutend ist; wird aber eine Brücke gelöst, wie in der Fig. 710, so muß der Strom auch noch den zwischenliegenden Draht durchlaufen.

326 Leitungsfähigkeit tropfbar flüssiger Körper. Wenn es sich nur darum handelt, den großen Widerstand zu zeigen, den die tropfbar flüssigen Körper dem elektrischen Strome entgegensetzen, so darf man nur einen Wasserzersetzungssapparat in einen Strom einschalten, der schon durch die Tangentenboussole geht, wo man dann die bedeutende Abnahme des Stromes auffallend genug bemerken wird, selbst wenn der Apparat ziemlich große Platinplatten hat; für den letzteren Fall muß jedoch die Säule nur aus wenigen, aber größeren Paaren bestehen.

Wollte man wirkliche Messungen machen, so würde man in einem 4 bis 5 Zoll langen Brettchen *AA*, Fig. 711, eine prismatische Rinne anbringen, die man mit Glasplatten mittelst Siegellack ausfittet; in diese Rinne kommen zwei Brettchen *aa*, deren übergreifende Ränder zugleich als Index auf der

neben der Rinne angebrachten Skale dienen. Jedes dieser Brettchen hat ein Platinblech *b*, an das ein spiralig gewundener Kupferdraht gelöthet ist, dessen Ende durch Drahthaften auf das Brettchen befestigt und durch Klemmschrauben in den Strom geschaltet wird.

Fig. 711.



In die Rinne kommt dann die Flüssigkeit und die Platinplatten werden in beliebige Entfernung von einander gestellt; ist die Abweichung der Bousssole beobachtet, so ersetzt man den

Apparat mit der Flüssigkeit durch den Draht des Rheostats, bis man wieder dieselbe Stromstärke erhält. Man kann auch den Apparat eingeschaltet lassen und die Entfernung der Platinplatten ändern, nähert man dieselben, so erhält man einen stärkeren Strom, und man wird, nachdem durch den Rheostat so viel Draht eingeschaltet ist, daß die Bousssole wieder dieselbe Ablenkung zeigt, erkennen, wie groß der Widerstand der Flüssigkeit war. Da aber für Flüssigkeiten das Ohm'sche Gesetz ebenfalls gilt, so kann man aus der Länge, Breite und Tiefe irgend einer Flüssigkeitsschicht den Leitungswiderstand ebenso finden, wie bei einem festen Körper, wenn man einmal den Widerstand der Flüssigkeit für die Einheit des Querschnittes und der Länge kennt. Um bei dem elementaren Unterrichte den großen Widerstand tropfbar-flüssiger Körper zu zeigen, dürfte es übrigens ausreichen, nur einen Wasserzersetzungssapparat einzuschalten.

E. Versuche über den Elektromagnetismus.

Elektromagnete. Diesen Apparat kann man sich mit verhältniß- 327 mäßig sehr geringen Kosten selbst herstellen. Am geeignetsten ist freilich Eisen, welches mit Holzkohlen gefrischt und unter dem Hammer gestreckt wurde, recht weiches und zartes Eisen; allein solches Eisen ist theurer und muß erst rund geschlagen werden. Man läßt daher nur einen geraden oder hufeisenförmigen kleinen, etwa fingerdicken Stab von solchem Eisen machen, ihn mit einem Lehmüberzug im Holzkohlenfeuer ausglühen und in den absterbenden Kohlen allmählich er-

falten, um daran das beinahe gänzliche Verschwinden des Magnetismus beim Aufhören des Stromes zu zeigen. Ein solcher Hufeisenmagnet erhält etwa eine ganze Länge von 10 bis 12 Zoll, und wird mit dicht anliegenden Windungen von dickem, mit Seide oder Wolle unwickeltem Kupferdrahte umgeben, wobei man nur des Aufhängens wegen den Bogen frei läßt, und gleich von einem Schenkel auf den anderen übergeht, die Windungen aber so fortsetzt, als hätte man über den Bogen weg in der gleichen Richtung fort gewunden. Eine einzige Lage von liniendickem Drahte genügt, um bei einer kräftigen Kette dem kleinen Magnete eine sehr bedeutende Tragkraft zu ertheilen. Der Anker dazu wird wie bei gewöhnlichen Magneten gefertigt, Fig. 712 und 713.

Fig. 712.

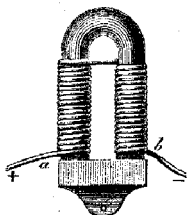


Fig. 713.



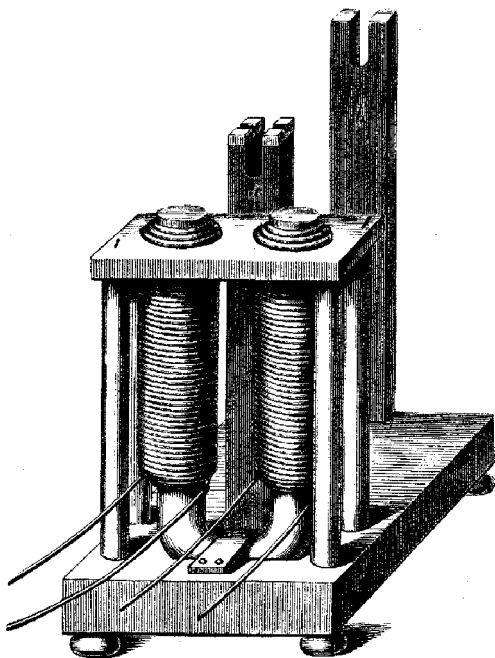
Will man sich aber einen starken Elektromagneten verschaffen, um ihn zum Magnetisiren von Stahl und zu vielen anderen Versuchen zu gebrauchen, so läßt man ein Stück Rund-eisen von 2 Zoll Durchmesser und etwa $2\frac{1}{2}$ bis

3 Fuß Länge hufeisenförmig — besser gesagt, stimmungabelförmig — umbiegen, es mit Lehm bestrichen im Holzkohlenfeuer anschlüßen, und seilt und schleift die Enden desselben in eine zur Ebene des Hufeisens senkrechte Ebene. Der Anker wird aus einem starken geraden Stücke weichen Eisens gefertigt, erhält eine nach der Richtung von Pol zu Pol, oder der Länge, ebene, der Quere nach aber schwach concave Fläche und einen Haken, Fig. 713. Man befestigt das Eisen, nachdem es dicht mit dickem mit Seide oder Wolle unwickeltem Kupferdrahte umwunden ist — eine einzige Lage von etwa 3 Millimeter dickem Drahte genügt auch hier — auf ein starkes Stück Holz, so wie Fig. 714 zeigt. Auf dem Holz ist eine senkrechte Säule *a*, ebenfalls von Holz, aufgestellt, welche zwei stählerne Pfannen trägt, worin die Are eines Hebels zu liegen kommt, der ganz einfach aus einem Eisenstabe gefertigt ist, von etwa 30 Millimeter Breite, 8 bis 10 Millimeter Dicke und 6 bis 8 Decimeter Länge. Dieser Hebel erhält auf seinem längeren Arme eine Theilung, der die Entfernung seiner Are von dem Angriffspunkte am Anker zur Einheit dient, wobei übrigens die Winkelverhältnisse zwischen der Are und den Angriffspunkten unberücksichtigt bleiben. Als Läufer nimmt man ein Gewicht von 25 bis 50 Pfund. Die Säule *b* dient dazu, den Hebel zu unterstützen, wenn der Anker losreißt.

Der Magnet ist zum Theil in das Holz des Grundbrettes eingelassen und durch ein starkes, unterhalb seiner Form angepaßtes Eisen und starke Holzschrauben gehalten.

Wollte man den Magnet für sehr starke Ströme und mehrere Centner Tragkraft brauchen, so müßten aber auch mehrere Lagen von etwa 3 Millimeter

Fig. 714.



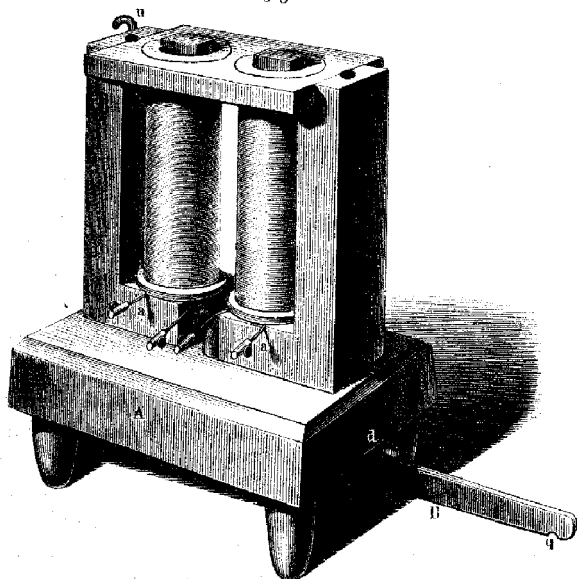
dicke Kupferdrahte angewendet werden. Man kann hierbei die Enden jeder Lage für sich mit Klemmschrauben versehen, um die Drähte nach Belieben combiniren zu können. Es ist am zweckmäßigsten, den Draht nicht unmittelbar auf die Schenkel des Magnets zu wickeln, sondern auf Spulen von dünnem Holze oder von Pappe mit 3 Linien dicken Holzscheiben am Ende. Beim Aufwickeln müssen aber solche Spulen auf einen Holzcylinder gesteckt werden, weil sie sonst eingedrückt würden; zwischen jede Lage kommt ein Blatt Papier. Durch die eine der Holzscheiben führt man auch die Drahtenden heraus und läßt beide Scheiben zuletzt wieder so weit abdrehen, daß sie nur etwa 2 bis 3 Linien über die Drahtwindungen vorstehen. Solche Spiralen können dann auch für sich zu anderen Zwecken gebraucht werden. Wenn noch größere Dimensionen gewählt werden, windet man den für jeden Schenkel bestimmten Draht (bis zu 100 Pfund) auf 3 bis 4 verschiedene Spulen von etwa 4 bis 5 Zoll Höhe und versieht jede für sich mit Klemmschrauben. In einem solchen Falle

erhält auch das Gestell statt der Füße Rollen. Bei so großen Apparaten ist der Deffnungsfunkel sehr stark.

Da das Biegen von so starkem Eisen — 2 bis 3 Zoll Durchmesser — wenn es ohne Veränderung des Durchmessers geschehen soll, eine schwierige Arbeit ist, und ungleich dicke Schenkel die weitere Bearbeitung stören, so kann man auch zwei Stücke Rundeseisen nehmen und sie auf der einen Seite durch ein vierkantiges Stück Eisen mittelst zweier starker Schrauben verbinden. Es ist indessen nicht ganz sicher, daß man hierbei dieselbe Wirkung erhält wie bei einem ganzen Eisen, auch bleibt das sorgfältige Zusammenpassen immer eine schwierige Arbeit; jedenfalls muß das Verbindungsstück mindestens den gleichen Querschnitt haben, wie die Schenkel.

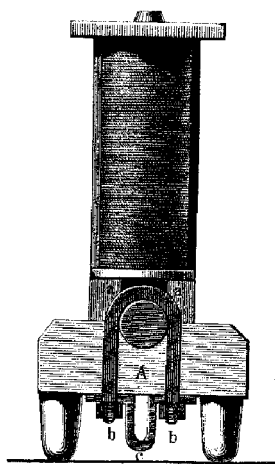
Auch das Feilen der Polflächen und des Ankers geht nicht leicht, wenn man daher eine mechanische Werkstatt in der Nähe hat, läßt man am besten Pol- und Unterfläche abhobeln; es geht dann ganz leicht, sie noch vollends auf einander eben zu schleifen. Es ist zweckmäßig, die Polflächen nicht rund zu lassen, sondern von der Seite bis auf die Hälfte des Durchmessers abzuplatten, wie Fig. 715 zeigt. Die Unterfläche wird dann nur gerade ebenso breit gemacht als der Rest der Polflächen.

Fig. 715.



Wenn es sich übrigens um größere Tragkräfte handelt (10 bis 12 und mehr Centner), so ist das Gestell in Fig. 714 zu schwach und der Hebel wird zu lang, wenn er auch nur zehnmal übersegt sein soll. Fig. 715 zeigt einen Elektromagneten, dessen Gestell für größere Tragkräfte berechnet ist, und der dennoch seine Pole frei nach oben gekehrt hat, dessen Spiralen mit dem Tischen eben sind und leicht herausgenommen werden können. Fig. 716 zeigt einen

Fig. 716.



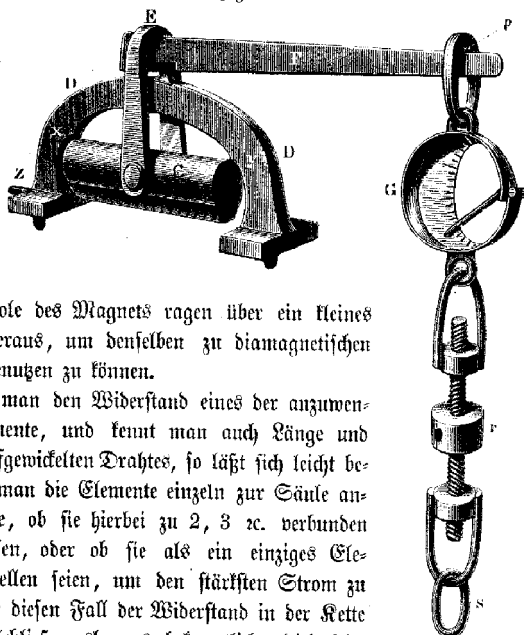
Durchschnitt durch die Befestigung des Eisens, dessen Biegung zwischen den Holzstücken *a a* steckt, welche zugleich den Sitz für die Spiralen bilden und für die heraus tretenden Drahtenden Rinnen haben. Die Schrauben *b b*, welche das Eisen gegen das Grundbrett *A* halten, müssen zur Schonung des letzteren auf Eisenscheiben laufen, welche hier aus einem einzigen Stücke bestehen; dieses Stück bildet zugleich den Bügel *c* (Fig. 716), in den das Eisen *B* (Fig. 715) gesteckt wird; letzteres stützt sich noch auf ein in das Grundbrett eingelassenes Eisenstückchen *d* (Fig. 715) und dient bei der Anwendung von Gewicht, kann aber leicht herausgezogen werden.

Will man nun zeigen, wie viel der Magnet zu tragen vermag, so setzt man den von seinem Bügel befreiten Anker *C*, Fig.

717 (a. f. S.), auf die Pole und auf das Gestell des Magnets in die dazu passenden Fächer den eisernen Bogen *DD*, befestigt dann den Bügel *E* rittlings über den Bogen an den Anker mittelst des zugehörigen Bolzens, setzt den Hebel *F* mit seiner Pfanne auf die Schneide des Bogens und hängt den Bügel des Ankers auf den Ausschnitt des Hebels. Der Hebel ist nun mit dem eisernen Bogen und dem Eisen *B* in Fig. 715 in einer Ebene; er ist zehnmal übersegt. An den Ausschnitt *p* des Hebels hängt man mittelst eines daran befindlichen länglichen Ringes die Federwage *G* und verbindet diese mittelst der Schraube *r* und des Ringes *s* mit dem Eisen *B* (Fig. 715). Diese Zusammensetzung ist in wenigen Augenblicken gemacht und ebenso schnell wieder entfernt. Wird die Schraube angezogen, so kann man den Anker damit abreißen und die Federwage zeigt $\frac{1}{10}$ der angewendeten Kraft an. Der Anker kann sich nur wenig vom Magneten entfernen, indem er bald durch die Vorsprünge *xy* am Bogen angehalten wird; damit aber der Bogen sich hierbei nicht vom Gestelle entferne, so wird der Haken *u*, Fig. 715, über den Zapfen *z* des

Bogens geschoben. Der Apparat bleibt so in vollständiger Ordnung, wenn man auch den Anker abreißt *).

Fig. 717.



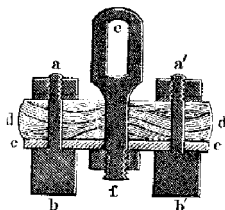
Die Pole des Magnets ragen über ein kleines Tischchen heraus, um denselben zu diamagnetischen Versuchen benutzen zu können.

Kennt man den Widerstand eines der anzuwendenden Elemente, und kennt man auch Länge und Dicke des aufgewickelten Drahtes, so läßt sich leicht berechnen, ob man die Elemente einzeln zur Säule anordnen müsse, ob sie hierbei zu 2, 3 zc. verbunden werden müssen, oder ob sie als ein einziges Element aufzustellen seien, um den stärksten Strom zu geben, da für diesen Fall der Widerstand in der Kette jenem des Schließungsbogens bekanntlich gleich sein muß. Ist N die Zahl der vorhandenen Elemente, w der Widerstand von einem derselben, l der Widerstand außer der Kette (also hier des unwickelten Drahtes) und n die Zahl der Säulenglieder, welche das Maximum geben, so ist $n = \sqrt{\frac{Nl}{w}}$ und es werden je $\frac{N}{n}$ Glieder zu einem vereinigt, es muß also n so genommen werden, daß $\frac{N}{n}$ eine ganze Zahl wird. Wenn man auch bei der Construction irgend eines solchen, mit aufgewickeltem Drahte versehenen Apparates noch keine Vorstellung davon hat, daß man je den Widerstand des aufgewickelten Drahtes werde kennen müssen, so ist es doch gut, nicht nur bei

*) Zum Abreißen mittelst der Schraube habe ich noch keinen Elektromagneten gefertigt, bei dem letzten, den ich für das Freiburger Lyceum machte, ist das Eisen B aufwärts gebogen, und ein zweiter Hebel, den man nur von Hand führt, läßt sich in dasselbe einhängen und über den an der Federwaage befindlichen Haken legen.

Elektromagneten, sondern bei jedem solchen Apparate aufzuschreiben, wie lang und wie dick der daran befindliche Draht ist, weil dadurch der Apparat vielleicht später zu anderen Zwecken brauchbar werden kann.

Fig. 718.



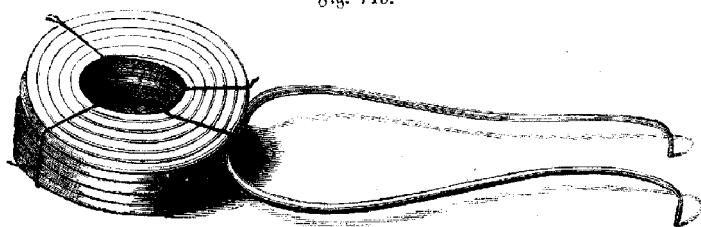
Wollte man zu einem Elektromagneten einen Anker für die einzelnen Pole haben, um auch ihre Tragkraft bestimmen zu können, so läßt sich ein solcher, wie Fig. 718 zeigt, herstellen. $a b$ und $a' b'$ sind Schrauben, deren runde, lange Köpfe eben gerichtet sind und auf die Pole des Magnets passen; sie sind durch eine dicke Messingplatte $c c$

und ein Stück weißbuchenenes Holz $d d$ gesteckt, auf welchem letzteren sie durch Muttern halten. Ein messingener, durch das Holz und die Messingplatte gehender Haken $e f$ dient zum Angriff des Hebels, wie beim Anker in Fig. 713. Da jedoch die Tragkraft auch am einzelnen Pole von der Masse der Anker abhängt, so müssen die Platten $b b'$ mehrere Zoll dick genommen werden, wenn man die wirkliche Tragkraft des einzelnen Poles näherungsweise finden will.

Eine nähere Auseinandersetzung der in Bezug auf Tragkraft dem Hufeisen weit vorgehenden Constructionen von Elektromagneten, welche Foule und Radford angegeben haben, kann hier um so eher umgangen werden, da ihre Anfertigung andere Mittel erfordert, als jene sind, auf welche hier Rücksicht genommen wird, und die Hufeisenform wegen ihrer großen Verwendbarkeit zu anderen Zwecken als nur zum Tragen eines Ankers doch die allgemein angenommene geblieben ist.

Magnetisiren von hartem Stahle. Um harten Stahl durch 328 den elektrischen Strom dauernd magnetisch zu machen, windet man 7 bis 8 Meter 3 Millimeter dicken mit Seide umspinnenen Kupferdraht zu einer Rolle, wie Fig. 719. Die innere Weite richtet sich nach der Dicke des zu magnetisi-

Fig. 719.



renden Stahles, die Axenlänge der Drahtrolle soll 3 Centimeter nicht überschreiten, wenn man gehörige Wirkung erlangen will. Man leitet durch die

Rolle einen sehr kräftigen Strom — von 40 Quadrat Zoll Platinblech in Grove'scher Kette — nachdem man den Stahlstab vorher in die Rolle gelegt hat, und führt dann letzteren in der Rolle 6- bis 20mal hin und her. Man hört wieder in der Mitte auf, so aber, daß jede Hälfte des Stabes gleich vielmal durch die Rolle ging (ähnlich wie, wenn man beim Magnetisiren mit dem Doppelschrich den zu magnetisirenden Stab bewegte) und öffnet die Kette. Ist der Stab hufeisenförmig, so legt man ihm den Anker vor und schiebt diesen zum Herausnehmen des Stabes erst ab, wenn die Kette geöffnet ist.

Wenn man nicht über sehr kräftige Ströme zu gebieten hat, so ist diese Methode nicht vortheilhaft, wenn sie gleich weniger mühsam ist; man erreicht nämlich viel mehr, wenn man die gleiche Drahtmenge und den gleichen Strom verwendet, um ein hufeisenförmiges Stück Eisen von 4 bis 5 Pfund magnetisch zu machen, und mit diesem den Stahlstab auch nur nach der Methode des einfachen Striches streicht, indem man den Elektromagneten mit einer hölzernen Schraubzwinge auf den Tisch befestigt und den Stahlstab bewegt. Der Doppelschrich leistet noch mehr. Die Pole des Elektromagneten müssen übrigens etwas nahe zusammen gebogen sein, wenn man den Doppelschrich anwenden will, weil er sonst leichter Folgepunkte erzeugt. Bei sehr kräftigen Ströme geht es gar nicht mit dem Doppelschrich, da Folgepunkte unvermeidlich sind. Die Methode mit der Rolle steht dem Elektromagneten um so mehr nach, je härter der Stab ist. Allein härtere Stäbe behalten auch nach oft wiederholtem Abreißn des Ankers einen viel stärkeren Magnetismus als weichere — blau angelassene, was besonders für deren Anwendung bei Magnetelektrismaschinen wichtig ist, und dieses ist ja doch beinahe die einzige Anwendung, die man von denselben macht; denn um nur Gewichte an sie zu hängen, wird Niemand mehr große Magnete machen.

329 Benutzung der Elektromagnete als bewegende Kraft.

Eine sehr einfache Vorrichtung, um mittelst der Elektromagnete eine continuir-

Fig. 720.

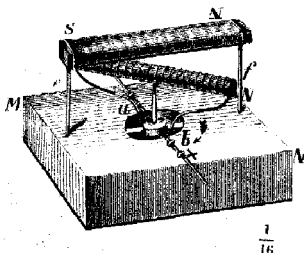
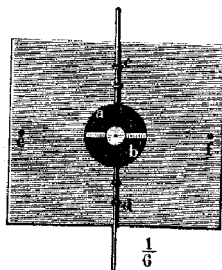
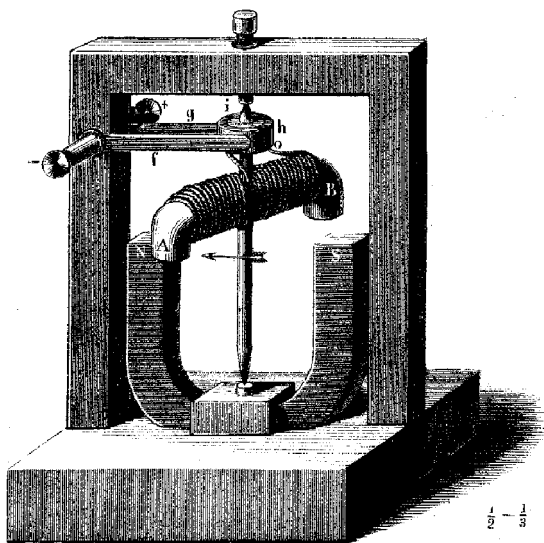


Fig. 721.



liche drehende Bewegung zu erhalten, zeigt Fig. 720. In ein Brettchen *MN*, welches Fig. 721 im Grundrisse zeigt, ist eine kreisförmige Rinne *ab* gedreht, die durch eine etwa um eine bis zwei Linien niedrigere Scheidewand in zwei gleiche Theile getheilt ist. Diese Scheidewand ist aus einer isolirenden Substanz und etwa 2 Linien breit. Im Mittelpunkte der Rinne, auf dem stehengebliebenen Zapfen, wird eine Spitze aus Stahldraht befestigt (eingeschlagen, indem man sie mit dem Feilfloß faßt und auf diesen schlägt). Ein rundes Stück weiches Eisen wird in der Mitte beinahe ganz durchbohrt, um es wie eine Magnethabel auf den Stahlstift zu setzen, damit es sich frei drehen kann; es wird mit über-spunnenem Kupferdrahte umwickelt. Da es sich aber hier nicht um die größte Kraft handelt, so genügt es auch, das Eisen mit Seide zu umwickeln und den Drahtwindungen etwa eine Linie Abstand von einander zu geben. Die zugespitzten Enden des Drahtes werden unterhalb nach der Mitte zurück und dann senkrecht abwärts gebogen, so daß sie in die Rinne reichen, aber nur so tief, um, ohne zu streifen, über die Scheidewand in der Rinne weggehen zu können; die amalgamirte Spitze der Drähte darf das Quecksilber beinahe nur streifen. In jede Hälfte der Rinne reicht ein auf das Brettchen befestigter Kupferdraht *cd*, der das darin befindliche Quecksilber mit einer einfachen galvanischen Kette verbindet. Quecksilber wird so viel eingegossen, daß es mit seinem erhabenen Rande höher steht als die Scheidewand, aber doch sich nicht über diese weg ver-einigt. Auf zwei oben in ein Rechteck umgebogenen Drähten *ef* wird in ge-

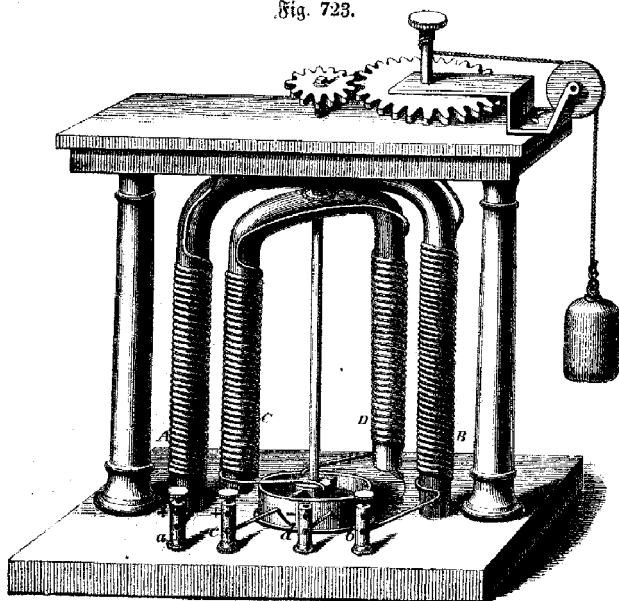
Fig. 722.



ringer Entfernung über dem kleinen Elektromagneten ein Magnetstab von ungefähr gleicher Länge mit diesem aufgesteckt. Die Wirkungsweise des Apparates darf als bekannt vorausgesetzt werden.

Einen anderen, etwas complicirteren Apparat für den gleichen Zweck zeigt Fig. 722 (a. v. S.). Es ist hier ein hufeisenförmiger Stahlmagnet durch ein Messingband vertical auf ein Brettchen befestigt, und über seine Pole weg kann sich der Elektromagnet *AB* um eine stählerne Ase, welche mit ihrer unteren Spitze in einer Pfanne, mit ihrer oberen in einer Schraube läuft, drehen. An dieser Ase steckt eine kleine Walze von Holz, auf welcher zwei metallene Halbringe *i, h* befestigt sind, die beiderseits einen etwa 1 Linie weiten Raum zwischen sich frei lassen; an jeden dieser Halbringe ist ein Drahtende des Elektromagneten gelöthet. Die Linie durch die Zwischenräume steht senkrecht zur Ase des Elektromagneten. An dem hölzernen Gestelle befinden sich nun unter Klemmschrauben Metallfedern *f, g*, welche die Ringe mit den Polen einer Kette in Verbindung bringen und dadurch das Eisen *AB* magnetisch machen, bis es über den Polen des Stahlmagnets vorbei geht; hier wird der Strom unterbrochen und gleich darauf in umgekehrte Richtung durch *AB* geleitet. Da die Reibung der Federn an der Walze größer ist als der Widerstand, den Drahtspitzen in Quecksilber finden, so muß bei einem solchen Apparate ein starker Strom angewendet werden.

Fig. 723.

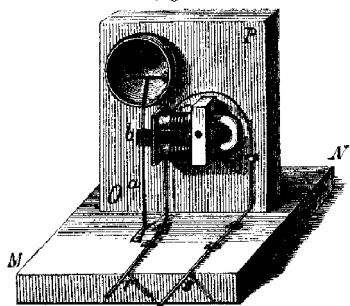


Wollte man einen Apparat, durch den irgend eine Arbeit geleistet wird, so zeigt Fig. 723 einen solchen, der ohne große Kosten hergestellt werden kann. Der Stahlmagnet ist ebenfalls durch einen Elektromagneten *AB* ersetzt. Letzterer ist durchbohrt und dient der Ase des beweglichen Elektromagneten *CD* als obere Führung; das untere Ende dieser Ase läuft in einer Pfanne, das obere trägt ein Zahnrad, welches in ein zweites Rad eingreift, auf dessen Ase sich der Faden des Gewichts aufwickelt. Als Commutator ist wieder das Quecksilbergefäß mit Scheidewand angebracht. Die Klemmschrauben *ab* stehen mit dem um *AB* gewickelten Drahte, *cd* aber mit den beiden Abtheilungen des Quecksilbergefäßes in Verbindung, und es ist zweckmäßiger, zwei besondere Ströme anzuwenden, als denselben Strom durch beide Drähte zu leiten; in letzterem Falle müßte der Strom, wenn er bei *a* eintritt, bei *c* austreten, und *b* würde mit *d* verbunden. Daß man auch hier unterhalb an der Ase die Walze mit den zwei Halbringen des vorigen Apparates und in den Klemmschrauben *cd* statt der Drähte Federn anbringen könnte, ist leicht einzusehen. Die Figur stellt den Apparat in etwa $\frac{1}{5}$ der natürlichen Größe dar; es wäre aber schon ein starker Strom erforderlich, um das gezeichnete Gewicht zu heben, trotz der sehr starken Uebersetzung. Zahllos und oft sehr sinnreich sind die Maschinen, an welchen durch Elektromagnetismus Rotation hervorgebracht und irgend eine kleine Kraftleistung erzielt wird; aber eben darum, weil sie zu zahlreich sind und immer auf demselben Principe beruhen und elektro-magnetische Treibmaschinen bis jetzt noch keinen praktischen Erfolg hatten, können dieselben hier allgüthlich übergangen werden.

Der elektrische Telegraph. Wenn man die Mittel nicht hat, 330

um ein gut gearbeitetes Modell eines solchen anzuschaffen, so kann man den in Fig. 724 abgebildeten Apparat zusammensetzen, um wenigstens einigermaßen zu

Fig. 724.



mit jenen, welche von der entfernten galvanischen Kette kommen, zu verbinden,

wenn man nicht bleibende Klemmschrauben, wie Fig. 605, auf *MN* zu diesem Zwecke anbringen will. Der auf *MN* befestigte federnde Draht *a* ist oberhalb in die Glocke hinein etwas umgebogen und trägt hier ein Querstück mit zwei Knöpfen, in der Mitte aber ist an ihn ein Plättchen aus weichem Eisen befestigt, welches den Polen des Magnets gegenüber steht und so gestellt ist, daß es sich ohne Zwang an beide Pole anlegen kann. Die Stellung des Drahtes und die Größe des Querstückes muß nun so sein, daß in der Ruhelage der vom Magnete abgewendete Knopf des Drahtes etwa 0,1 Linie von der Glocke, und das Eisenplättchen etwa 0,5 Linien vom Magnete absteht; ebenso muß der andere Knopf, wenn das Eisenplättchen vom Magnete angezogen ist, noch etwa 0,1 Linie von

Fig. 725.

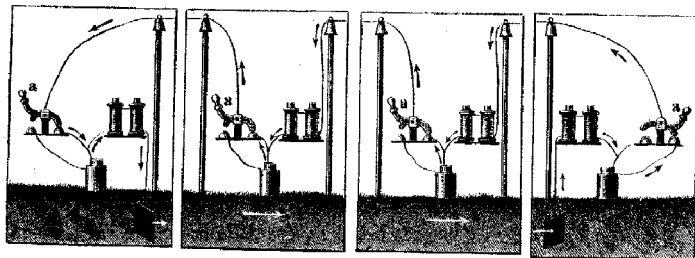


Fig. 726.

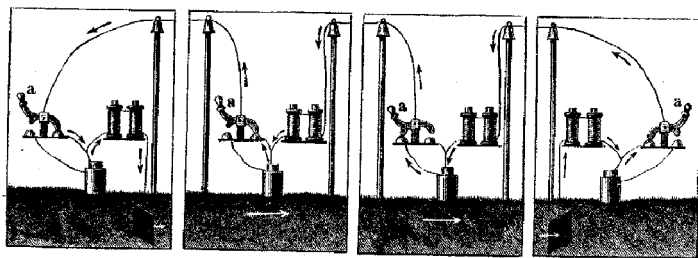
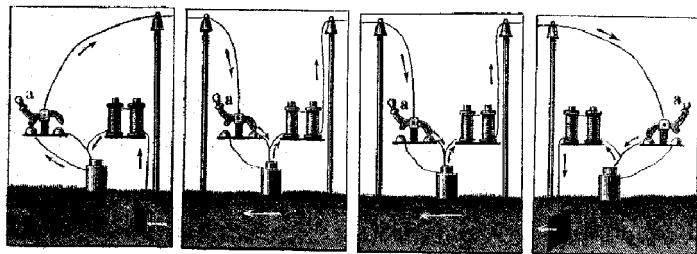


Fig. 727.



der Glocke abziehen. Damit der zurückbleibende Magnetismus beim Oeffnen der Kette nicht etwa das Eisenplättchen am Magnete festhalte, darf dieses denselben nicht unmittelbar berühren, man klebt daher ein Streifchen Papier auf dasselbe. Wird nun mittelst der an *rs* angeschraubten Drähte die entfernte Kette von der Hand abwechselnd geöffnet und geschlossen, so wird auch das Eisenplättchen vom Magnete abwechselnd angezogen und durch die Federkraft des Drahtes wieder entfernt und dadurch die Glocke angeschlagen. Man kann schon durch die verschiedenen Unterbrechungen im Läuten eine ziemliche Zahl verabredeter Signale geben. Kann man jedoch mehr auf einen solchen Apparat verwenden, so ist es sehr rathsam, lieber einen zum wirklichen Dienste bestimmten Apparat anzuschaffen, als ein Modell; hierfür wäre ein Morse'scher Schreibapparat ohne Relais zu empfehlen, wobei das Uebrige der Einrichtung durch ganz große Wandtafeln erläutert werden kann. Für die Uebersicht des Hin- und Hertelegraphirens, so wie der Stellung der Mittelstationen sind eigene Wandtafeln, an welchen nur der sogenannte Schlüssel beweglich zu sein braucht, beinahe unentbehrlich; die Figuren 725, 726 und 727 zeigen je drei oder vier solcher Wandtafeln mit beweglichem Schlüssel *a*, wovon zwei die Endstationen und zwei eine Mittelstation vorstellen. Fig. 725 und 727 zeigen den Fall, wo eine der Endstationen schreibt und Fig. 726 den Fall, wo die Mittelstation schreibt. Die jedem dieser Fälle zugehörigen Pfeile der drei Wandtafeln werden mit gleicher Farbe bemalt, so daß man auf jeder dreierlei Pfeile hat. Es ist nicht nöthig, daß die Wandtafeln mehr enthalten, als daß man darauf sehen kann, wie in jedem Falle durch Niederdrücken des Schlüssels ein Elektromagnet entsteht; wie die Kraft dieses Magneten zum Zeichengeben weiter verwendet wird, ist dann eine Sache, die durch besondere Zeichnungen oder wirkliche Apparate erläutert werden muß. Der bewegliche Schlüssel besteht hier ebenfalls nur aus Pappe und bewegt sich um einen Nagel, der hinten auf einem Bleche unbogen ist.

Die wesentliche Einrichtung des englischen Nadeltelegraphen kann man an jedem Multiplikator erläutern, wenn man einen Commutator in den sehr schwachen Strom einschaltet.

Das Ampère'sche Gestell. Dieser unentbehrliche Apparat ist in 331 einfacher und allen Erfordernissen entsprechender Weise in den Fig. 728 und 729 (a. f. S.) dargestellt und ist in dieser Form auch ziemlich leicht herzustellen.

Auf einem zollbicken Brette von hartem Holze, Fig. 728, sind drei etwas starke Messingbleche *abc* eingelassen, so daß ihr Rand mit dem Brette eben ist; sie sind aber der Länge nach in der Mitte etwas dicker als am Rande, und ihre Mitte steht daher etwas ($\frac{1}{4}$ Linie ungefähr) über das Brett hervor. Auf allen dreien sitzen Klemmschrauben, wie Fig. 603, oder sie haben über das Brett her-

vorstehende angelöthete Drähte; außerdem sind *a* und *c* noch durch einen in eine Rinne des Brettchens eingelassenen dicken Kupferdraht unter sich und mit der

Fig. 728.

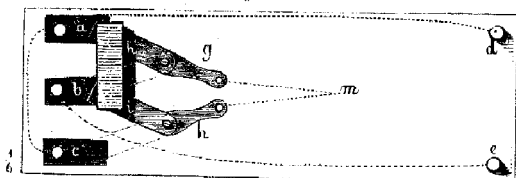
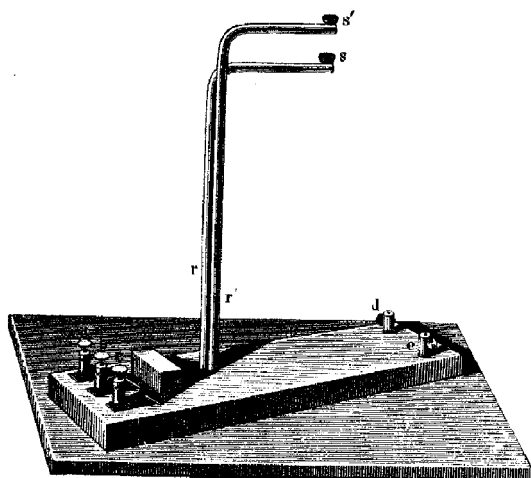


Fig. 729.



Klemmschraube *d* verbunden. Letztere hat die Oeffnung zum Einstecken des Drahtes von oben und die Schraube von der Seite; auch statt ihr kann das hervorstehende Ende des Drahtes, wenn es im Brette festgekeilt ist, und eine gemeinschaftliche Klemmschraube, wie Fig. 599, dienen. Das mittlere Messingblech *b* steht mit der Klemmschraube *e* in Verbindung. Außer diesen dreien sind noch zwei Bleche *gh* auf dem Brette befestigt, und auf diesen die beiden weiteren *ik*; letztere aber sind durch Holzschrauben, welche durch *gh* hindurch gehen, so gehalten, daß sie sich unter den Köpfen derselben drehen lassen und beliebig fest auf *gh* angezogen werden können. *k* und *i* sind durch ein Stückchen Holz verbunden, sie sind an das Holz durch Schrauben mit versenkten Köpfen von unten befestigt, lassen sich aber um diese leicht drehen. Es ist gut, wenn das Holz schwer ist, und man kann deswegen in die Mitte desselben Blei gießen. Man sieht wohl, daß man so, wenn *a* oder *c* mit dem positiven, *b* mit dem negativen

Pole einer Kette verbunden werden, das Blech g mit dem positiven Pole verbunden hat, wenn die Bleche ik die ausgezogene Lage haben; bringt man sie aber in die punktirte Lage, so wird g mit dem negativen und h mit dem positiven verbunden, während d und e stets mit denselben Polen verbunden bleiben; in einer mittleren Lage sind g und h außer Verbindung mit der Kette.

Auf die Enden der Bleche gh sind die beiden 3 bis 4 Linien starken Messingdrähte rs und $r's'$, Fig. 729, gesteckt und durch Schrauben von unten befestigt; sie sind beide oben rechtwinklig umgebogen und tragen an ihren Enden ss' Quecksilbernäpfe, welche in einer Entfernung von etwa $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll lotrecht über einander stehen. Zu diesem Ende müssen die wagerechten Arme der Drähte gegen einander laufen, wie die nach m laufenden punktirten Linien auf Fig. 728 zeigen. Die Stäbe rs und $r's'$ werden durch dazwischen geschobene passende Holzstückchen getrennt gehalten und über diese weg mit Seide zusammengebunden, wodurch die Festigkeit bedeutend erhöht wird. Die Quecksilbernäpfe dürfen nur flach sein, und auf den Boden des oberen wird ein rundes Stückchen eines Uhrglases mittelst Siegellack aufgekittet. Die Näpfe bestehen aus Messing- oder Kupferblech und werden auf die Enden der Drähte vernietet und zum Ueberflusse und sicherer metallischer Verbindung auch mit Zinn verlöthet, wenn man sie nicht gleich hart anflöthen will. Vor dem Gebrauche müssen sie immer innerhalb stellenweise rein gekratzt oder frisch amalgamirt werden.

Der Commutator. Die im vorhergehenden Paragraphen beschriebene 332 am Ampère'schen Gestelle befindliche Vorrichtung, um den Strom umzukehren, muß nicht nothwendig mit demselben verbunden sein, sie kann auch für sich bestehen und nur zwischen Kette und Gestell eingeschaltet werden; sie heißt Stromwechsler, Gyrotrop, Commutator.

Da man für noch viele andere Versuche eines solchen Commutators bedarf, so wurden außer jenen an den verschiedenen Rotationsapparaten angebrachten eine Menge solcher Vorrichtungen erfunden; wovon viele ihrem Zwecke vollständig entsprechen. Im Allgemeinen zieht man Commutatoren ohne Quecksilber vor; wo es sich aber um plötzliches und sicheres Öffnen und Schließen des Stromes handelt, ist Quecksilber nicht zu umgehen.

Im Folgenden sollen einige solcher Vorrichtungen erwähnt werden. Daß man übrigens selbst für die Demonstration des Ampère'schen Gesetzes ohne Commutator auskommen und sich durch Kreuzung der Zuleitungsdrähte helfen kann, ist ebenso einleuchtend als unbequem.

Fig. 730 (a. f. S.) zeigt den in §. 331 beschriebenen Commutator als für sich bestehenden Apparat. So übersichtlich diese Commutatoren sind, und das ist für das Ampère'sche Gestell eine sehr wesentliche Eigenschaft, so sind dieselben doch

nicht bequem, nehmen auch etwas viel Raum ein und werden darum nicht häufig gesehen.

Fig. 730.

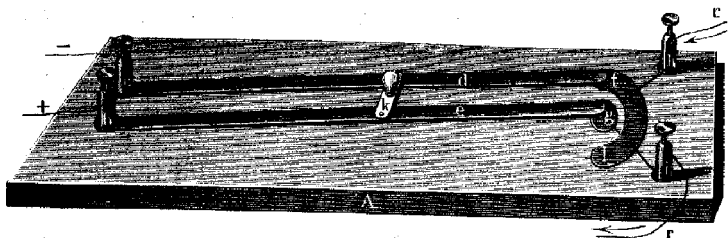
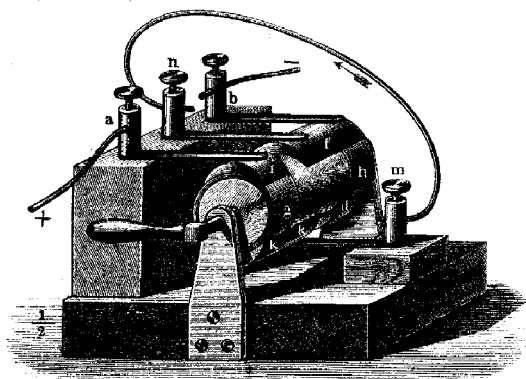


Fig. 731 zeigt in etwa $\frac{1}{3}$ der natürlichen Größe einen von Professor J. Müller angegebenen Commutator. Das wesentliche Stück desselben ist eine

Fig. 731.

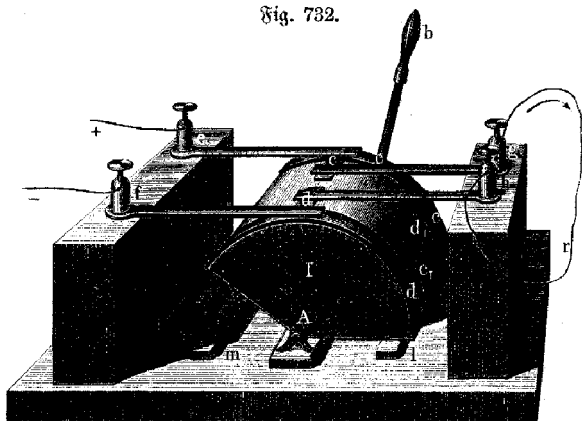


hölzerne Walze, die mittelst des Griffes um ihre metallene Ase leicht gedreht werden kann; an jedem Ende trägt dieselbe einen metallenen Ring gh , und auf jedem dieser Ringe sind diametral gegenüberstehend die metallenen Wülste ik und df aufgelöthet. Von diesen Wülsten sind d und i nur so breit als die Ringe, k und f aber sind breiter und reichen bis über die Mitte der Walze, sind jedoch von dem anderen Ringe immer wieder durch Holz getrennt. Unter den vier Klemmschrauben a, b, m, n , wovon a, b mit der Kette, m und n aber mit den Enden des Leiters, durch welchen der Strom gehen soll, verbunden werden, sitzen metallene Federn, welche durch die Wülste gespannt werden und dadurch in innige Verührung mit denselben kommen. In der gezeichneten Stellung geht der Strom von a in den Wulst i durch den Ring g und den Wulst k in

die Klemmschraube *m*, von hier durch den Leiter, welcher einem Versuche unterworfen werden soll, in die Klemmschraube *n* und von dieser durch *f* und *b* zurück zur Kette. Wird aber der Griff um eine halbe Wendung gedreht, so kommt die Feder *a* auf *k* zu liegen und der Strom geht aus *k* nach *n* und kehrt über *m*, *f*, *h* und *d*, welches jetzt unter der Feder *b* liegt, nach der Kette zurück und kreist also in dem Leiter, welcher *m* und *n* verbindet, in entgegengesetzter Richtung. Bei senkrechter Stellung des Griffes kommen die Federn *m* *n* auf das Holz der Walze zu liegen, und der Strom ist also nicht geschlossen. Bei diesem Commutator muß besonders darauf gesehen werden, daß die Federn recht glatt sind und das Metall nicht angreifen, weil sie sonst gern Metalltheile auf das Holz schleppen und dadurch eine leitende Verbindung zwischen den Wälsten herstellen. Bei der Stärke der Wälste, wie sie die Zeichnung angiebt, kann man jedoch die Federn so stellen, daß sie bei senkrechter Lage des Griffes die Walze gar nicht berühren.

Fig. 732 zeigt einen ähnlichen Commutator, dessen Einrichtung und Gebrauch leicht zu übersehen sind. Man muß indessen dafür sorgen, daß die mitt-

Fig. 732.



leren Federn nie auf dem Holze schleifen und darum dieses lieber etwas ausstechen, weil sonst Metalltheile auf denselben verschleppt werden, welche bald eine leitende Verbindung herstellen.

Ein anderer sehr zweckmäßiger Commutator ist der Ruhmkorff'sche und gewöhnlich mit den Inductionsapparaten verbunden; er ist sehr bequem, aber nicht sehr übersichtlich.

Fig. 733 (a. f. S.) zeigt einen senkrechten Durchschnitt und 734 eine zum Schnitte senkrechte Ansicht, jedoch in einer anderen Stellung der Walze.

Die Walze *a* ist von Elfenbein und hat messingene Axen, die aber nicht durchgehen; auf die Walze sind zwei Kupferwülste geschraubt und eine der Schrauben reicht auf je einen der messingenen Zapfen, um welche sich die Walze

Fig. 733.

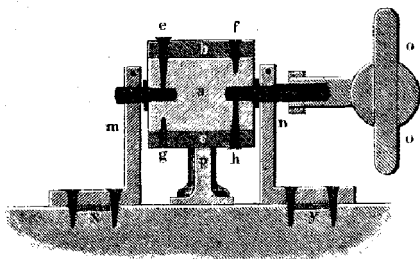
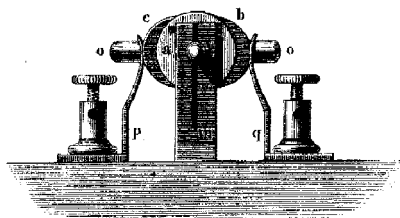


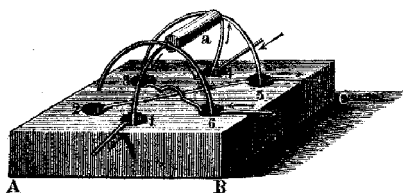
Fig. 734.



so gestellt, daß sie die Elfenbeinwalze nicht berühren, wenn die Kupferwülste vertical übereinander stehen, so daß also in dieser Stellung der Strom unterbrochen ist. Dieser Commutator ist vorzugsweise für dauernde Verbindung mit einem Apparate geeignet.

Will man Quecksilber anwenden, so kann man sich freilich um wenige Groschen einen sehr bequemen Commutator machen, nämlich die in Fig. 335 abge-

Fig. 735.



gut vom andern isolirt wird. Zwei gebogene Kupferdrähte werden nun in ein Holz-

mittels eines hölzernen Handgriffes drehen läßt. Diejenige Schraube, welche so die Verbindung mit dem Zapfen herstellt, ist auf irgend eine Weise bezeichnet. Die messingenen Zapfenlager *m, n* sind geschliffen und lassen sich durch eine Schraube an die Zapfen so weit anklebmen, daß zwar hinreichende Berührung entsteht, aber die Walze noch gut drehbar bleibt. Die Stützen *m, n* sitzen auf Blechstreifen, welche den Strom weiterführen, der durch die Klemmschrauben und die darunter befestigten Messingfedern *p, q* eingeleitet wird. Diese Federn sind

abgebildete Wippe. Auf ein etwa nach *AB* 3, nach *BC* 4 Zoll langes Brettchen werden 6 Löcher von $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser gebohrt; Kupferdrähte werden durch Drahthaften auf das Brettchen genagelt, wie die Figur zeigt, wovon aber einer der sich kreuzenden

Stäbchen *a* gesteckt, welches so lang ist wie die Entfernung der Löcher 5, 6, und es wird dann kreuzweis auf jeden Kupferdraht ein zweiter gebunden, wie die Figur zeigt. Letztere Drähte werden nur so lang genommen, daß ihre Enden noch nicht bis auf das Brettchen reichen, wenn das Stäbchen mit den zuerst daran befestigten Drähten vertical in den Löchern 1, 4 steht. Allein so bleibt es nicht stehen, es muß sich auf die eine oder andere Seite legen und der geringste Ruck bringt es von einer auf die andere. Ist nun Quecksilber in den Löchern und sind die Drahtenden amalgamirt, so ist der Apparat fertig. Durch 1 und 4 wird der Strom ein-, durch 5 und 6 ausgeleitet; die Pfeile zeigen den Weg des Stromes für die abgebildete Stellung. Es ist zweckmäßig, die Drähte einer jeden Seite zu verlöthen, anstatt sie nur zusammen zu binden.

Die beweglichen Leiter. Was nun die in die Schälchen *s s'* von 333 Fig. 729 einzuhängenden Leiter betrifft, so werden dieselben aus etwa millimeterdicke Kupferdrähte gefertigt und da, wo die beiden Drähte aneinander gebunden werden müssen, wird der eine gut mit Seide umwickelt. Die stählernen Spitzen derselben werden an das Kupfer verlöthet, müssen aber jedenfalls vor dem Gebrauche mit der Schlichtseile frisch gemacht werden, da Eisen in Berührung mit Kupfer leicht rostet, namentlich wenn mit Zinn gelöthet wurde, mit Silber weniger. Es ist daher nicht zweckmäßig, diese Spitzen aus ganz feinem Drahte zu nehmen; man nimmt lieber etwas stärkere, von Stricknadeln stammende Drahtstückchen dazu, klopft den Kupferdraht etwas breit, durchbohrt ihn, steckt das zu einem Zapfen dünn gefeilte Ende des Stahl drahtes hindurch, vernietet und verlöthet denselben; gehärtet braucht er nur an der Spitze zu sein. Man muß besonders darauf sehen, daß auch der untere Draht, der keine Spitze braucht und nur in das Quecksilber taucht, in der Drehungsaxe des ganzen Leiters sich befinde, weil sonst das Quecksilber seiner Bewegung zu vielen Widerstand entgegengesetzt.

Die Leiter Fig. 736 und 737 werden so groß gemacht, als es die horizontalen Arme der senkrechten Messingstäbe am Ampère'schen Gestelle erlauben.

Fig. 736.

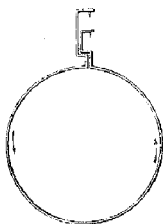
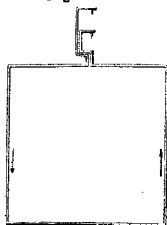


Fig. 737.



Um den Einfluß eines zweiten Stromes zu zeigen sind Leiter wie Fig. 738 und 739 (a. f. S.) vorzuziehen, weil sie für die Einwirkung des Erdstromes astatisch

sind; der erstere dient für horizontale, der letztere für verticale Ströme. Wo die Drähte übereinander wegläufen, wird entweder ein dünnes Korkplättchen dazwischen gelegt, oder man umwickelt den einen Draht mit Seide, und bindet dann die Drähte mit Seidenfaden fest zusammen.

Fig. 738.

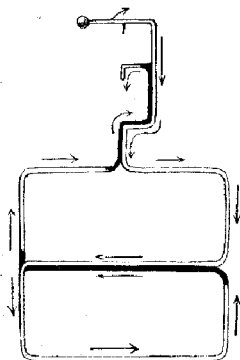


Fig. 740.

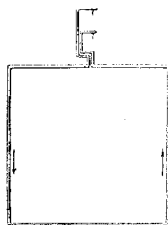
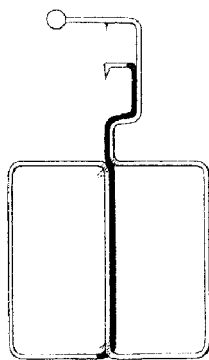
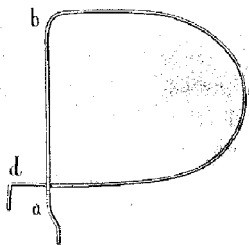


Fig. 739.



Außer den beiden in Fig. 736 und 740 abgebildeten Leitern muß man noch zwei in die Klemmschrauben *de*, Fig. 731, passende Drähte von der Gestalt wie Fig. 741 haben.

Fig. 741.



Der eine muß so gekrümmt sein, daß das geradlinige Stück *ab* vertical mitten zwischen den Klemmschrauben *d* und *e*, der Bogen aber rückwärts über das Brett hinaus steht; es dient, um die Anziehung und Abstoßung zwischen den verticalen Theilen des Leiters Fig. 740 und 739 zu zeigen, da die beiden Stäbe, welche diesen tragen, nicht auf ihn wirken, weil der Strom in beiden eine entgegengesetzte Richtung hat. Man muß jedoch einen ziemlich starken Strom für diesen Versuch verwenden, da er einen langen Weg zurück zu legen hat und sich theilen muß.

Der zweite wie Fig. 741 gebogene Draht muß seinen geradlinigen Theil *ab* in horizontaler Richtung haben und so gebogen sein, daß dieser, wenn der Draht in die Klemmschrauben *de* gesteckt ist, dicht unter dem horizontalen Theile des Leiters Fig. 740 und 738 wegläuft, um die Einwirkung gekreuzter geradliniger Ströme zu zeigen.

Das Solenoid. Die gewöhnliche Form desselben zeigt Fig. 742. Der Draht fängt dabei in der Mitte an, ist nach einer Seite hin gewunden, geht dann durch die Ape des Schraubencylinders an das andere Ende und kehrt von

hier in eben so viel Windungen zur Mitte zurück. Man muß dabei darauf sehen, daß der Strom in allen Ringen nach derselben Richtung umläuft und die Ringe

Fig. 742.

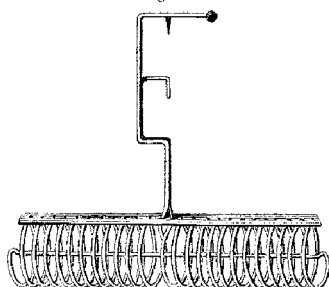
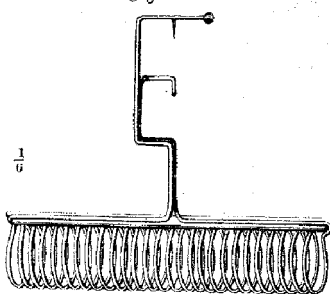


Fig. 743.



nicht zu eng nehmen, jedenfalls nicht unter 2 Zoll Durchmesser. Enge Ringe geben freilich dem Apparate mehr die Form eines Magnetstabes, allein ihr Drehungsmoment ist zu klein und dann geht das Solenoid nicht, trotz der vielen Umläufe. Die einzelnen Ringe werden an ein dünnes Holzstäbchen mittelst Bindfaden oder Seide in gleicher Entfernung von einander befestigt; leinerner Faden muß nachher mit Schellacklösung getränkt werden. Bei der abgebildeten Form des Solenoids hält es aber schwer, den Ringen eine schöne Rundung zu geben; man erreicht das letztere viel besser, wenn man die Spirale zuerst ganz windet und auf das Stäbchen festbindet, sodann die beiden Drahtenden auf der den Windungen entgegenstehenden Seite des Stäbchens gegen die Mitte desselben zusammen führt, wie Fig. 743 zeigt, sie ebenfalls an das Stäbchen befestigt und dann erst die Enden gehörig biegt und mit Stahlspitzen versehen.

Ein zweites Solenoid wird mit den Drahtenden nur in die beiden Klemmschrauben *de*, Fig. 731, eingesetzt, oder mit einer besonderen Kette verbunden, um die Wirkung zweier Solenoide auf einander zu zeigen. Manche Solenoide gehen auch nicht, weil ihr Draht zu dünn ist, man muß lieber über ein Millimeter dicken, als schwächeren Draht nehmen; man hat hier viel weniger vom vermehrten Gewichte als von der verminderten Stromstärke zu fürchten, da ein solches Solenoid und noch mehr zwei derselben dem Strome schon einen bedeutenden Widerstand entgegenlegen. Die Einwirkung eines Stahlmagnets auf ein Solenoid ist übrigens so, daß sie sich fast unter jeder Bedingung zeigen läßt, nur die Einwirkung des Erdmagnetismus bedarf einer zweckmäßigen Construction des Solenoids. Die Wirkung des Erdmagnetismus oder eines Magnetstabes zeigt sich sehr leicht schon an den Leitern Fig. 736 und 740, eben weil sie groß sind.

Zu bemerken ist bei diesen Apparaten, daß durch die Theilung des Stromes in zwei Leiter derselbe eben für beide schwach und, da sie ungleich sind, auch in beiden ungleich vertheilt wird, wodurch der Erfolg manchmal zweifelhaft

wird, wenn man nicht über größere Stromstärke verfügen kann. Bei geringeren Mitteln ist es rathamer, durch den beweglichen Leiter einen besonderen Strom zu leiten, und einen anderen durch den festen Leiter, der dann natürlich nicht in die Klemmschrauben *de*, Fig. 731, eingeschraubt, sondern auf irgend eine andere Weise in der erforderlichen Lage befestigt wird. Eine Grove'sche Kette mit 10 bis 12 wirksamen, d. h. in die Säure tauchenden, \square Zoll Platinblech reicht aber in jeder Form des Versuches aus, ebenso sechs Bunsen'sche Elemente von mittlerer Größe, wovon man drei zu einem verbundene für den beweglichen und drei ebenso verbundene für den unbeweglichen Leiter verwendet.

Wenn man sich mit weniger begnügen muß, so kann man das Gestell wie Fig. 744 einrichten, wo dann der Strom in den senkrechten Stangen auf jenen im beweglichen Leiter anziehend und abstoßend wirkt, und dieser sich in die Ebene der Stangen stellen muß, was hier schon bei ziemlich geringen Mitteln — einem Volta'schen Elemente — geht. Zu anderen Versuchen ist aber ein solches Gestell unzumuthig und darum ein Commutator daran ganz überflüssig.

Die Anziehung und Abstoßung läßt sich auch sehr gut zeigen, wenn man zwei Wandspiralen (deren Anfertigung später besprochen wird) aus dünnem Kupferblech an etwa drei Fuß langen Zu-

Fig. 744.

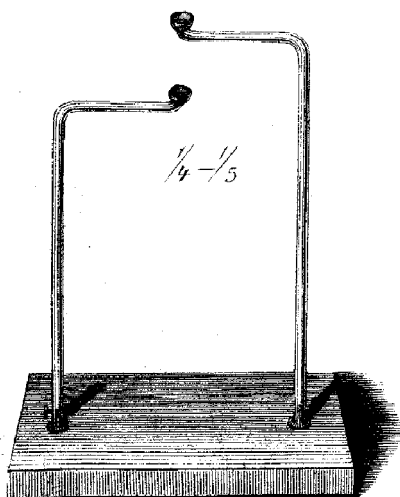
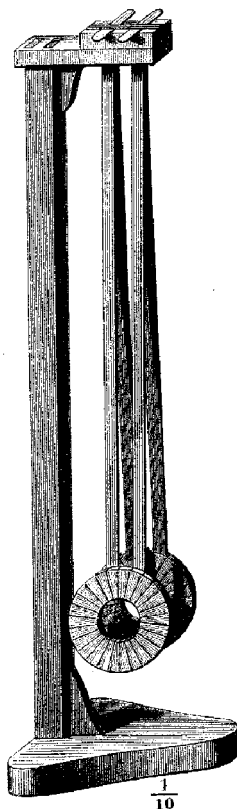


Fig. 745.

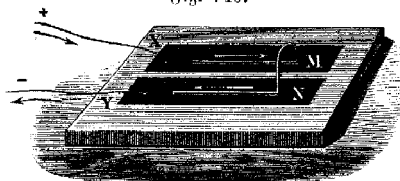


Leitungstreifen parallel aufhängt, wie Fig. 745 zeigt. Man leitet durch beide einen Strom, schaltet aber in die eine derselben einen Commutator ein.

Abstossung zwischen den Theilen desselben Stromes. 334

Diese Erscheinung läßt sich durch den Apparat Fig. 746 zeigen. In ein Brettchen werden zwei Rinnen *M N* eingeschnitten und diese mit Quecksilber gefüllt.

Fig. 746.



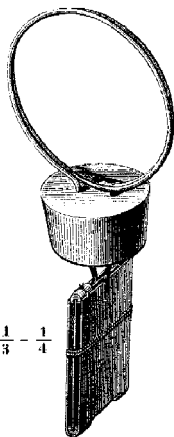
Auf das Quecksilber wird ein Bügel aus Eisendraht gelegt, welcher durchaus dick gesirnt ist und nur an den Endflächen seiner horizontalen Arme rein metallisch gemacht wird. In das Quecksilber tauchen als Zuleiter zwei rein-

gemachte Eisendrahte. Sobald der Strom geschlossen wird, schwimmt der Bügel von den Zuleitern weg gegen das andere Ende der Rinnen.

Schwimmende Ströme. Am allereinfachsten kann man den Einfluß 335

des Erdmagnetismus und künstlicher Magnete auf einen beweglichen Strom an den schwimmenden Strömen zeigen. Man nimmt hierzu ein Wollaston'sches Element von nur etwa 1 bis $1\frac{1}{2}$ Quadratzoll Zink, welches aus ganz dünnem Bleche gefertigt wird. Sowohl an das Kupfer als an das Zink löthet man 1 bis 2 Millimeter dicke Kupferdrähte, bindet übrigens die Bleche, nachdem die

Fig. 747.



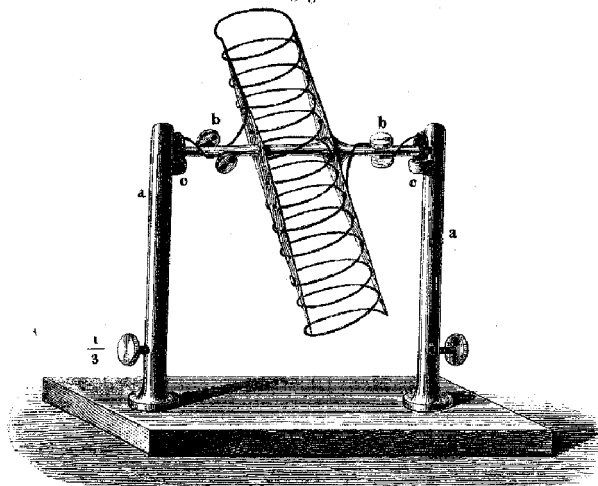
$$\frac{1}{3} - \frac{1}{4}$$

dieselben trennenden Holzstückchen dazwischen geschoben sind, nur durch einen umgewickelten gewichsten Faden zusammen. Man muß das Element so leicht als möglich machen, um den Draht stärker und größer nehmen zu können. Wenn das Element zusammengesetzt ist, schiebt man die Drähte durch einen Kork, biegt sie oberhalb zu einem Ringe und verlöthet sie mit Zinn. Man kann den Ring, wie Fig. 747 zeigt, aus mehreren Windungen bilden und die durch den Kork gesteckten Enden zuletzt noch an die Platten löthen. Hierbei wird zuerst das Zink angelöthet, dann das Kupfer angeschoben und ebenfalls verlöthet; die Drahtenden klopft man hierfür breit. Läßt man den so gefertigten Apparat auf etwas stark angesäuertem Wasser schwimmen, so stellt er sich von selbst so, daß sein Ring senkrecht zum magnetischen Meridian steht, oder folgt der Einwirkung eines Stahlmagneten,

stellt sich auch parallel zu einem über ihm weggeleiteten starken geradlinigten Strome. Die Einwirkung eines Stahlmagnets ist dabei am auffallendsten,

wenn derselbe nur wenig größer ist als der Durchmesser des Ringes, und parallel mit dem horizontalen Durchmesser des letztern nahe an den Draht gehalten wird.

- 336 **Inclination bei beweglichen Strömen.** Hierzu dient der Apparat Fig. 748. Die messingenen Säulchen *a a* erhalten die Zuleiter und Fig. 748



tragen das Solenoid; dasselbe steckt an einer dünnen hölzernen Ase, welche an beiden Enden kleine eiserne Scheiben und stählerne Spitzen trägt. Die stählernen Spitzen liegen in konischen Vertiefungen der Säulchen *a*. Da aber der Stromübergang dadurch nicht gesichert wäre, so tragen die Säulchen noch kleine eiserne Näpfe *c*; diese sind mit Quecksilber gefüllt, in welches die

eisernen Scheibchen eintauchen. Vier kleine Schrauben *b* dienen dazu, den Schwerpunkt des beweglichen Theiles in die Ase zu bringen. Das Solenoid wird in den magnetischen Meridian gestellt.

- 337 **Rotationsapparate.** Unter den verschiedenen Rotationsapparaten

Fig. 749.



von Strömen um Magnete und umgekehrt blühten vor allem nur folgende ihrer Einfachheit und Sicherheit wegen zu empfehlen sein.

a. Man läßt aus Zinkblech eine Schüssel, wie Fig. 749 zeigt, machen, und über deren Mitte weg ein breites Kupferstäbchen löthen, in welches ein dicker Kupferdraht geschraubt wird, der oben einen Quecksilbernafß trägt. Die Schüssel wird mit angesäuertem Wasser gefüllt, auf ein kleines in der Mitte durchbrochenes Tischchen, Fig. 750, gestellt und in den Quecksilbernafß die Stahlspitze des kupfernen Leiters, Fig. 751, gesetzt, dessen Ring in das gesäuerte Wasser taucht. Hält man, wie in Fig. 750, den einen oder den anderen Pol eines Magnets von unten her in die mittlere Oeffnung der Schüssel, so beginnt der Ring eine demselben entsprechende

Rotation. Anstatt des Magnets kann man außerdem um die Zinkschüssel ein Multiplikatorband legen, das aus einem etwa 30 Fuß langen und $\frac{1}{2}$ Zoll breiten, mit Seide umwickelten Kupferstreifen gebildet ist. Denselben Apparat in etwas veränderter Form zeigt die linke Seite der Fig. 752. Das Kupferstäbchen ist dabei zu einem Bügel aufgebogen, mittelst dessen der ganze Apparat auf dem einen oder anderen Schenkel eines verticalen Hufeisenmagnets aufgehängt werden kann. Man kann den Apparat etwa 2- bis 3mal so groß machen als die Figur zeigt.

Fig. 750.

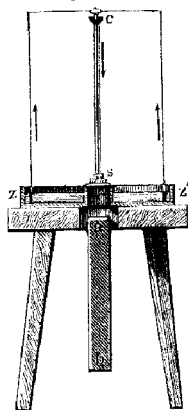
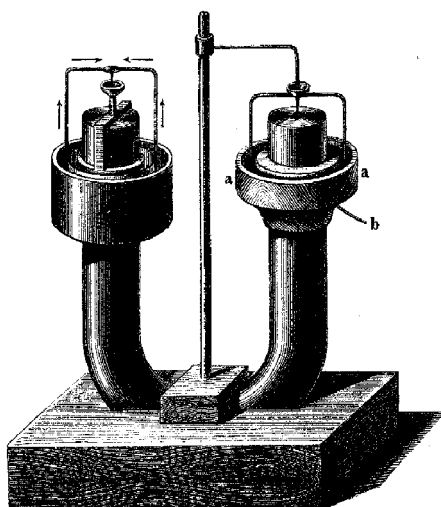


Fig. 751.



b. Einen anderen Rotationsapparat zeigt die rechte Seite von Fig. 752. Hier ist ein hölzernes Gefäß *a a* auf den Schenkel des Magnets geschoben und hält daran mittelst einer in die Oeffnung des Holzes befestigten Messingfeder. Das hölzerne Gefäß enthält Quecksilber und der Pol des Magnets hat oberhalb eine kleine Vertiefung, in welcher eine Spitze sitzt, von der aus mehrere gebogene Kupferdrähte in das Quecksilber reichen; oberhalb trägt die Spitze ein kupfernes Schälchen, welches Quecksilber enthält, worin ein von dem mittleren Stabe ausgehender Draht taucht; setzt man

Fig. 752.

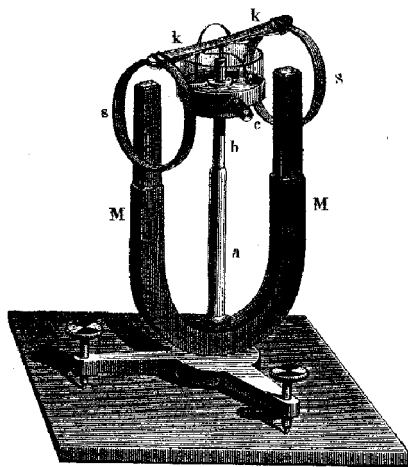


legteren und den mit dem Quecksilber in *a a* communicirenden Draht *b* mit der Kette in Verbindung, so zeigt sich die Rotation.

c. Rotation eines Solenoids um die Pole eines Magnets zeigt Fig. 753 (a. f. S.), wobei jedoch Stromwechsel stattfindet nach der in §. 329 erklärten Weise. Ein auf messingnenem Dreifuß stehender Hufeisenmagnet, der auch zu den unter *a* und *b* beschriebenen Rotationen gebraucht werden kann, hat mitten zwischen seinen Schenkeln eine geschlitzte — federnde — Messingröhre *a*, in welcher sich der Stiel *b* ver-

schieben läßt. An diesem Stiel steckt eine hölzerne Scheibe, in welche die Quecksilberrinne eingedreht ist; um die Quecksilberrinne läuft noch eine zweite und in dieser steckt ein niedriger Glasring, um das Wegschleudern des Quecksilbers zu verhüten. Von zwei Klemmschrauben, deren eine bei *c* sichtbar ist, gehen amalgamirte Drähte in die beiden Abtheilungen der Quecksilberrinne. Der Stiel *b* steht mit dem Quecksilber nicht in Verbindung und hat oberhalb der Holzscheibe ein mehrere Linien tiefes Loch, in welches ein stählerner Stift locker paßt; letzterer Stift ist an das Kupferstück *kk* gelöthet, an dessen Enden sich zwei aus etwa je 12 bis 18 Windungen in 2 oder 3 Lagen gebildete hohle

Fig. 753.



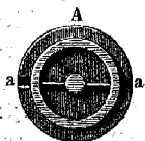
$$\frac{1}{4} - \frac{1}{5}$$

Spiralen *ss* befinden; sie sind an der Verbindungsstelle noch besonders mit Seide umwickelt und mit Seide angebunden. Ein Ende der Spiralen ist an *kk* gelöthet, das andere ist länger und isolirt an *kk* gebunden bis zur Mitte, wo es in das Quecksilber gekrümmt ist. Der Strom durchläuft beide Ringe in gleicher Richtung, und die durch beide vorgestellte Spirale rotirt wie ein Elektromagnet, sobald man die Klemmschrauben *cc* mit einer galvanischen Kette verbindet. Daß derselbe Appa-

rat mit einem Elektromagnete gebraucht werden könne, wenn man das dazu dienende weiche Eisen in der Mitte mit einer Spitze versieht, um es auf den Stiel *b* stecken zu können, ist leicht zu ersehen, und so kann ein solcher Apparat andere Rotationsapparate entbehrlich machen.

d. Ein anderer Rotationsapparat mit Stromwechsel, wo gar keine Magnete

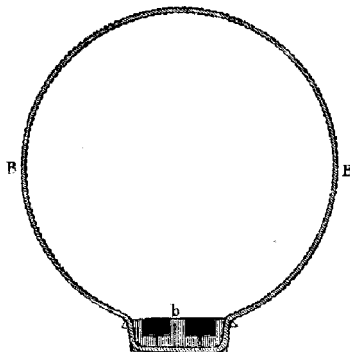
Fig. 754.



mitwirken, ist folgender: Um ein Quecksilbergefäß mit Scheidewand *A*, Fig. 754, ist in einen unterhalb fortgesetzten Einschnitt *aa* ein aus etwa drei Lagen von je 6 Windungen überspannenen Kupferdrahts gebildeter Ring *BB* gelegt, wie Fig. 755 im Durchschnitte zeigt. Die Enden des Drahtes sind amalgamirt und schief durch den Boden von *A* in die beiden Abtheilungen der Quecksilberrinne geführt. In dem mittleren Zapfen

b steckt, wie Fig. 756 zeigt, ein Stahlbraht und um diesen kann sich an Eisenbeinhülfschen, die in ihn gesteckt sind, ein zweiter aus gleich viel Lagen Draht gebildeter Ring *CC* leicht drehen. Das untere Eisenbeinhülfschen ruht auf einem kleinen messingenen Ansätze des Stahlstiftes und die Enden des Ringes *CC* ragen in das Quecksilber. Die Quecksilberrinne *A*, Fig. 754, ist in einen Ausschnitt des mit Klemmschrauben versehenen Brettchens *EE* gesteckt. Dieses Brettchen hat unterhalb einen Zapfen, an welchem es sich in dem Brettchen *DD*, das mit Stellschrauben versehen ist, drehen läßt. Die Klemmschrauben sind auf Drähte

Fig. 755.

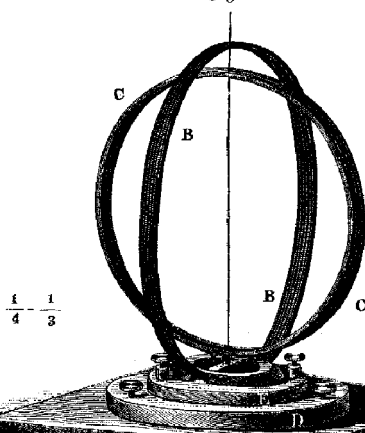


gelegt, welche in das Quecksilbergefäß reichen; in letzterem theilt sich der Strom in beide Ringe ziemlich gleich, wird aber nur im beweglichen umgekehrt. Es könnte auch der innere Ring an dem Stahlstift festgemacht sein und dieser mit einer Spitze in einem mit Messing ausgefüttertem Loche des Zapfens *b* und mit seinem oberen Ende in einem Messingbuge laufen, der in den äußeren Ring *BB* oben eingesteckt ist.

e. Einen Magneten, der vermöge eines elektrischen Stromes rotirt, er-

hält man am einfachsten auf die in Fig. 757 und 758 (a. f. S.) im Durch-

Fig. 756.



$$\frac{1}{4} - \frac{1}{3}$$

schnitte dargestellte Weise. Auf ein Brettchen *MM* ist ein Trinkglas etwas eingelassen, auf dessen Boden ein Stückchen Holz gekittet ist, in welches man eine Stahlspitze geschraubt hat. Zum Magnete nimmt man ein etwa 3 Zoll langes und 2 bis 3 Linien dickes Stück Rundstahl, das man auf der Drehbank an zwei Spitzen vollends rund

macht, dann härtet, rein smirgelt und magnetisirt. Man setzt diesen Magnet mit der Vertiefung, die er durch das Abdrehen bekommen hat, auf die Spitze im Glase, nachdem man auf den anderen Pol *N* eine Hülse *aa* aus beliebigem Material, am besten aus hartem Holze oder Bein, aufgeschoben hat. Ein Messingstreifen *cd* ist ebenfalls auf das Bretchen *MM* befestigt und trägt eine stählerne Schraube *b*, deren reingeschliffene Spitze jener im Glase vertical gegenüber steht. Die Schraube wird nun soweit gegen das obere Kernloch des runden Magnets herunter geschraubt, daß derselbe zwischen

Fig. 757.

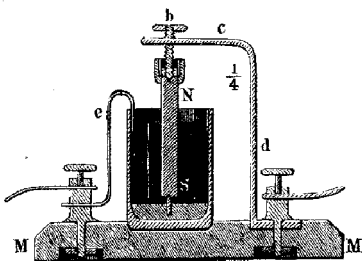
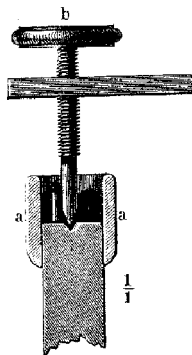


Fig. 758.



beiden Spitzen noch etwas Spielraum hat, aber dieselben doch nicht verlassen kann. An einen Kupferdraht *e* ist ein kupferner Ring gebogen, der nicht ganz geschlossen ist, so daß man ihn federnd in das Glas drücken kann und er an der Wand desselben sich anlegt; er wird amalgamirt. In die Hülse *aa*, Fig. 758, gießt man nun etwas Quecksilber und in das Glas so viel, daß sein Auftrieb gerade den Magnet trägt und er also zwischen seinen beiden Spitzen eigentlich schwebt, folglich, da er im Quecksilber an derselben Stelle bleibt, sich ungemein leicht drehen kann. Die Kette wird mit dem Drahte *e* und dem Bügel *cd* verbunden, in welchem die Schraube *b* einen etwas festen Gang haben muß; bleibende Klemmschrauben, wie in der Figur, sind nur bequem, nicht nöthig. Steckt man die Hülse *aa* an den Pol *S* des Magnets, oder kehrt man den Strom um, so rotirt der Magnet in entgegengesetzter Richtung, und zwar immer ziemlich schnell.

Einen oder den anderen solcher Rotationsapparate wird man allerdings zeigen müssen; die Erklärung der Wirkung anderer kann als sehr gute Aufgabe gebraucht werden zur Einübung der Theorie; aber alle, oder nur viele dieser Spielereien anzuschaffen, ist hier eben so überflüssig, als bei der Reibungs-
elektricität.

F. Versuche über die Induction.

Das Aufwickeln überspannter Drähte. Wenn über- 338

spinnene Drähte auf Rollen aufgewickelt werden sollen, so nimmt man dazu entweder hölzerne Spulen, deren innerer Cylinder sehr dünnwandig ist, oder Papp-
röhren mit an den Enden aufgeleimten etwa 3 Linien dicken Scheiben. Bei
metallenen Spulen werden die Scheiben etwa 2, die Röhren etwa $\frac{1}{2}$ Millimeter
dick genommen; Scheiben und Röhren müssen aber, wenn sie von Metall sind,
der ganzen Länge nach durchgeschnitten und der Schnitt mit einer isolirenden
Substanz ausgefüllt werden, weil sonst in ihnen ebenfalls Ströme inducirt wer-
den, welche die verlangte Wirkung stören. Bei dem Aufwickeln steckt man einen
genau passenden Holzcylinder in die Hülzen, um ihre Oeffnung zu erhalten;
denn die Drähte müssen beim Aufwickeln angespannt werden, wobei dicke Drähte
die Hülzen einschnüren würden. Zwischen je zwei Lagen des Drahtes kommt
ein gefirnitztes Papier, damit bei schadhaften Stellen des Drahtes die Electricität
nur von einer Windung auf die nächste übergehen kann, nicht aber von einer
Lage auf die andere. Uebrigens bessert man schadhafte Stellen des Drahtes
während des Wickelns aus, indem man ein Stückchen gefirnitztes Papier um die
schadhafte Stelle einmal herumlegt; bei der obersten Lage aber muß das Aus-
bessern mittelst Wolle oder Seide geschehen, des besseren Ansehens wegen. Hat
man den Draht zusammenzufügen, so geschieht dieses beim dicken Drahte da-
durch, daß man die Enden etwa $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll weit schief abseilt, sie mit Sil-
ber löthet und die Röhstelle auf die wirkliche Drahtdicke abseilt. Dünne Drähte
werden zusammengebredt und mit Zinn verlöthet, wobei man aber das Löth-
wasser sehr sorgfältig entfernen muß. Man hält während des Aufwickelns einen
Multiplierator auf der Werkbank parat, um mittelst eines Stückchens Zink und
des Kupferendes in einer kleinen Tasse sich über die Continuität nach jeder Lage
zu versichern, ehe man weiter wickelt.

Sehr oft wird der Draht vor dem Aufwickeln gefirnitzt, was nothwendig
wird, wenn Spannungserscheinungen daran beobachtet werden sollen. Es ist
dieses eine langwierige Arbeit, wenn der Draht auf der Rolle sich nicht verkleben
soll, d. h. wenn man sich die Möglichkeit offen behalten will, den Draht allen-
falls wieder zu irgend einem anderen Zwecke zu verwenden. Rasch geht die
Arbeit nur im Freien, wo man sich von dem Gaspel oder der Spule, welche den
Draht trägt, so weit entfernen kann, daß der Firniß trocknet, bis der Draht zum
Aufwickeln kommt. Für viele Zwecke wird es freilich empfohlen, auch noch die

einzelnen Lagen nach dem Aufwickeln zu firnissen; man braucht dann allerdings kein Papier und die Windungen werden dichter, aber man muß jede Lage gut austrocknen lassen. Das Austrocknen kann durch Erwärmen über der Spirituslampe befördert werden. Man wiederholt den Anstrich ein bis zwei Male und es ist dieses jedenfalls die erfolgreichste Isolirung der Windungen. Ueberall da, wo man Spannungsercheinungen an Inductionsrollen beobachten will, ist es zweckmäßig, nicht nur die einzelnen Lagen zu firnissen, sondern auch die ganzen Spulen entweder aus gehärtetem Kautschuk oder aus Glas zu machen. In letzterem Falle nimmt man eine Glasröhre, deren Wandstärke mindestens eine Linie beträgt und die so weit ist, daß man die inducirende Rolle in dieselbe gerade noch hineinschieben kann. In zwei runde oder achteckige Stücke Spiegelglas werden dann nach §. 6 Röcher von entsprechender Weite gebohrt. Die Befestigung der Scheiben an die Röhre geschieht am besten mittelst Siegelacklösung, welche man in die Fuge laufen läßt und auf der inneren Seite so oft aufträgt, bis die Fuge ausgefüllt ist. Auch der inducirende Draht wird meist gefirnist. Wenn kein Papier zwischen die einzelnen Lagen des inducirten Drahtes kommt (man nimmt auch sogenanntes Guttaperchapapier), so werden die einzelnen Lagen bald etwas uneben, und es wird darum erforderlich, daß wenigstens die letzte Lage eine Unterlage von steifem, gut gefirnistem Papier erhalte, um dieselbe schön glatt aufwickeln zu können.

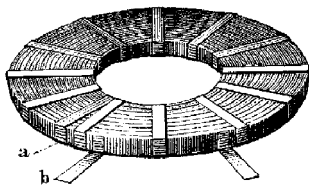
Dickerer Draht muß immer von Hand gewickelt werden, und es müssen dabei fast nothwendig zwei Personen sein; dünnerer Draht kann auf der Drehbank sehr rasch und schön aufgewickelt werden, wenn man die Spule mittelst des darin stehenden hölzernen Cylinders aufspannt.

Die Drahtenden werden gewöhnlich durch die Endscheiben herausgeführt, wodurch der Draht zugleich befestigt wird; doch wird es meist nöthig, die letzten Drahtwindungen durch ein mit dem Ueberzuge des Drahtes gleichfarbiges seidenes Band festzubinden. Ist es auf hohe Spannung abgesehen, so muß das innere Drahtende innerhalb der Glasscheibe in einem Glasrohre heraus geführt werden. Man legt dann eine Scheibe aus Pappe oder irgend einer anderen Substanz, welche einen für die Glasröhre passenden Einschnitt hat, innen an die Glasscheibe, damit das Aufwickeln ordentlicher von Statten geht.

- 339 Bandspiralen.** Zu manchen Versuchen werden flache Spiralen aus Kupferblech gebraucht. Wenn solche Spiralen schön werden sollen, so muß der Kupferstreifen überall gleich breit sein; an den Lötstellen muß das Blech dünner gefeilt werden, damit diese Stellen nicht dicker werden als das übrige Blech. Beim Aufwickeln wickelt man ein seidenes oder wollenes, kaum ein wenig breiteres Band zugleich mit auf und bindet zuletzt die Spirale mittelst seidener Schnüre oder Bänder fest. Für die meisten Fälle ist es nothwendig, das zu-

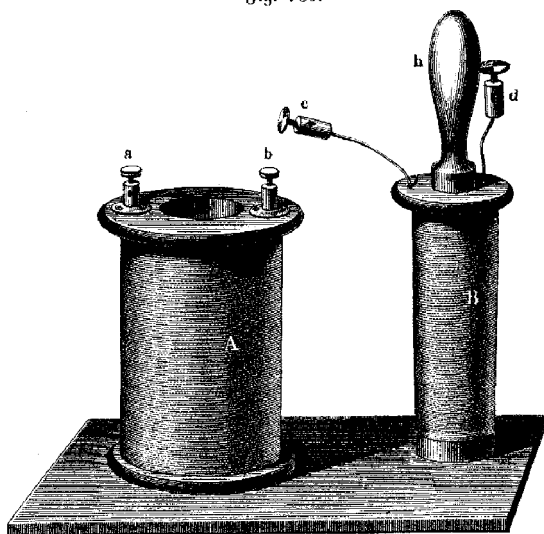
leitende Blech auch am äußeren Ende rechtwinklig zur Ebene der Spirale anzulöthen; am inneren Ende kann es ohnehin nicht anders sein; Fig. 759 zeigt eine solche Spirale. Es ist dabei auf das innere Ende ein Streifen gelöthet, welcher gut mit Seidenband umwickelt und bis auf die äußere Windung bei *a* geführt wird; hier löthet man wieder ein kurzes Stück an, welches sich auf die äußere Windung legt und auf diese festgebunden wird; ein nochmals rechtwinklig angelöthetes und rechtwinklig gebogenes Stück *b* giebt die Zuleitung. Meistens wird die Spirale in radialer Richtung dicht mit einem Bande umwickelt, so wie es die Figur nur für 12 Touren zeigt.

Fig. 759.



Die Fundamentalgesetze über die Induction elektrischer Ströme kann man sehr einfach durch zwei Drahtrollen *A*, *B*, Fig. 760, zeigen. Auf die größere sind ein paar Hundert Fuß von dünnem überspannenem Kupferdrahte gewickelt, und auf die kleinere etwa 100 Fuß von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Millimeter Durchmesser; die letztere

Fig. 760.



kann in die dünnwandige Hölzung der ersteren gesteckt werden, und ihre beiden Drahtenden sind deswegen oben durch den Griff herausgezogen. Die Drahtenden der Rolle können an Klemmschrauben verlöthet werden, welche auf der Endscheibe stehen. Auch

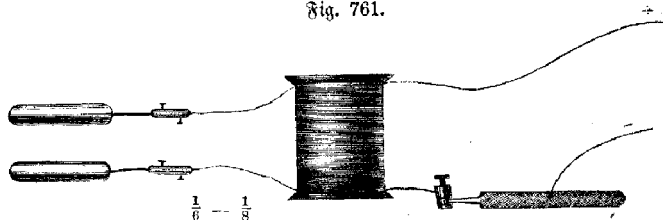
die Rolle *B* ist innerhalb so weit hohl, um einen etwa 3 bis 4 Linien dicken Eisenkern hineinstecken zu können. Beim Gebrauche werden die Enden der Rolle *A* durch 4 bis 6 Fuß lange Kupferdrähte mit dem entfernten Multiplicator verbunden; die Enden der Rolle *B* aber mit der Kette, und zwar ohne Eisenkern. Steckt man nun rasch *B* in die Höhlung von *A*, so zeigt der Multiplicator einen der Richtung der Windungen und des Stromes nach dem Inductionsgesetze entsprechenden Ausschlag; dasselbe findet statt, wenn man die Rolle *B* wieder entfernt, nachdem die Nadel vorher zur Ruhe gekommen. Steckt man *B* vor Schließung der Kette in *A*, so zeigen sich dieselben Erscheinungen beim Schließen und Öffnen der Kette. Steckt man statt *B* einen Magneten hinein, so zeigt er dieselbe Wirkung wie die Rolle *B* nach der Ampère'schen Hypothese, nur wirkt er stärker als die Rolle, wenn hier nicht ein ziemlich kräftiger Strom angewendet wurde; ebenso wird die Wirkung der Rolle durch den Eisenkern verstärkt, da die hypothetischen Ströme in ihm, wenn er durch den Strom in *B* magnetisch geworden, nach derselben Richtung rotiren, wie in *B*. Der Multiplicator darf für solche Versuche nicht zu viele Windungen und zu dünnen Draht haben, 200 bis 300 Windungen sind vollkommen genug. Befestigt man an den Enden der Rolle *A* Handgriffe und unterbricht den Strom in *B* entweder durch ein Blitzrad oder durch eine Feile (siehe folgenden Paragraph), so erhält man selbst bei so wenigem Drahte schon merkliche Erschütterungen, wenn man ein Wollaston'sches Element von circa 12 □ Zoll Zink anwendet.

341

Will man sehr kräftige Wirkungen durch die Induction erhalten, so nimmt man 12 bis 1800 Fuß $\frac{1}{2}$ bis $\frac{2}{3}$ Millimeter dicken überpompnenen Kupferdrahtes und windet ihn auf eine Rolle wie *A*, Fig. 760. Ueber diesen Draht wickelt man noch etwa 100 Fuß von 2 bis 3 Millimeter dickem Draht. Schraubt man nun an die Enden des dünnen Drahtes, welche an den Endscheiben der Rolle in kleinen Ninnen herausgeführt sind, Handgriffe, wie Fig. 646, und an das eine Ende des dicken den Pol einer schwachen galvanischen Kette (2 bis 3 □ Zoll Zink eines Wollaston'schen Elements) und an das andere eine Feile, über welche man mit dem anderen Poldrahte der Kette hin und her fährt, so erhält derjenige, welcher die Griffe des dünnen Drahtes mit benetzten Händen erfäßt, schon sehr fühlbare Erschütterungen, diese werden aber noch gesteigert, wenn man in die Höhlung der Drahtrolle einen Eisenkern, oder besser ein ganzes Bündel sehr dünner Eisenstäbe legt. Letztere sollen einen Siegellacküberzug erhalten; Fig. 761 zeigt die Zusammensetzung des Apparates. Da hier die Stärke der Wirkung hauptsächlich auch von der Weichheit des Eisens abhängt, so muß dasselbe gut ausgeglüht werden. Beim Ausglühen bildet sich aber Glühspahn, welcher sehr schädlich wirkt, und das Putzen des Drahtes macht denselben bis zu einem gewissen Grade wieder hart. Am besten ist es, wenn

man sich den Draht aus einer Drahtfabrik im ausgeglühten Zustande verschafft, wo derselbe unter Ausschluß der atmosphärischen Luft gegläht wird. Man rich-

Fig. 761.



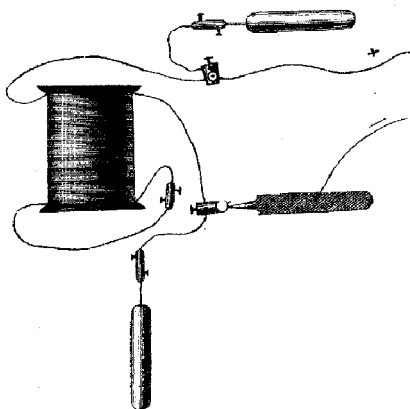
tet die Stücke durch Streichen zwischen den Fingern möglichst gerade, oder richtet sie so mittelst eines hölzernen Hammers auf hölzerner Unterlage. Das Bündel wird mittelst Draht fest zusammengebunden und dann mit Schellacklösung getränkt. Zuletzt umwickelt man dasselbe zwischen den Drahtringen mit einem Bande, und furnißt noch einmal recht stark, worauf man die Enden mit der Schlichtfeile eben richtet und dann die Binddrähte entfernen kann. Wenn die freien Enden des dünnen Drahtes nur kurz wären, so müßte man zwischen sie und die Handgriffe ein etwa 2 Fuß langes Stück von dünnem Drahte einsetzen, weil manche Personen sehr empfindlich sind, und die Arme auseinander schleudern, wodurch dann der Apparat leicht verdorben werden kann. Statt der dünnen Drähte nimmt man auch wohl Schnüre aus Goldfäden, nur müssen diese wegen der Klemmschrauben am Ende an das zum Ringe umgebogene Ende eines dickeren Kupferdrahtes gebunden werden. Man läßt am besten diese Schnüre überklöppeln, damit bei zufälligen Berührungen nicht der Strom unmittelbar durchgeht; aus gleichem Grunde nimmt man auch überspinnene Drähte zur Verbindung, wenn die Handgriffe durch solche mit der Rolle verbunden werden sollen. Ueberhaupt ist es gut, demjenigen, der die Griffe anfaßt, zu sagen, er solle sie nur fallen lassen, wenn die Empfindung ihm lästig werde, obwohl dieses durch die krampfartige Verdrehung der Hände Manchem fast unmöglich wird. Daß man diese Rolle statt der Rolle A auch für die einfachen oben §. 340 beschriebenen Inductionsversuche brauchen könne, wenn man beide Drähte so verbindet, daß der Strom beide nach derselben Richtung durchlaufen kann, ist für sich klar; man bedarf überhaupt nur einer solchen Rolle.

Es ist gleichgiltig, welchen der beiden Drähte man nach innen nimmt, immer aber wird der dickere zum inducirenden genommen.

Der Extrastrom. Schraubt man, nachdem beide Drähte zu einem 342 vereinigt sind, einerseits wieder einen Handgriff und mittelst einer Schraube, wie Fig. 334, auch eine Feile, andererseits aber das Ende des Drahtes an die Kette, noch vorher aber an den Draht auch hier einen Handgriff, so erhält der-

jenige, welcher die Griffe hält, wenn ein anderer mit dem zweiten Poldrahte der Kette über die Feile fährt, Erschütterungen durch den Extrastrom. Fig. 762 zeigt für diesen Fall die Zusammenstellung. Auch diese Wirkung wird durch

Fig. 762.

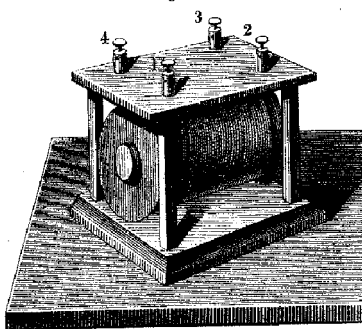


den Eisenkern bedeutend erhöht; darum zeigt sich dieselbe besonders stark an den Spiralen der Elektromagnete und am stärksten, wenn die Enden der Drahtwindungen sich bei den Polen befinden, und die Oeffnung zwischen den Polen erfolgt.

Viel bequemer wird die Einrichtung, wenn man die Rolle in ein kleines Gestell, wie Fig. 763, legt, zwischen dessen Säulchen ihre hölzernen Endscheiben gerade passen und auf dessen Boden zwei Einschnitte sind, in welche die freien Ränder dieser Scheiben ein-

sinken können, wodurch die Rolle eine vollkommen gesicherte Lage erhält. Auf den Deckel des Gestells kommen dann vier Klemmschrauben, wie Fig. 603, an

Fig. 763.



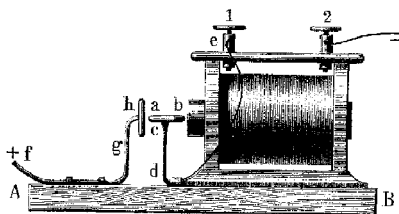
welche die Enden der Drähte unterhalb befestigt werden. Statt der Feile kann man das Blitzrad, Fig. 647, einschalten, wodurch man die Unterbrechungen des Stromes regelmäßiger machen kann. Gewöhnlich ist dieses Blitzrad auf dem oberen Boden des Gestells selbst angebracht; das freie Ende der Feder steht dann in Verbindung mit der Klemmschraube 1, durch welche der Strom eingeleitet wird, und der an die Axe des Rades

führende Draht ist das eine Ende des dicken Drahtes der Rolle, dessen anderes Ende mit der Klemmschraube 2 verbunden ist. Mit den Klemmschrauben 3, 4 stehen die Enden des dünnen Drahtes in Verbindung, und hier werden die Handgriffe angeschraubt, wenn man Inductionsversuche machen will. Will man aber den Extrastrom haben, so verbindet man zwei Klemmschrauben durch einen Draht,

so daß der Strom die ganze Rolle nach derselben Richtung durchläuft; man muß diese zwei Klemmschrauben gleich nach der Anfertigung der Rolle zeichnen, weil man sich später irren könnte. Die Drähte der Griffe kommen dann an den von der Axe des Rades abgehenden dicken Draht und an das zur Kette gehende Ende des dünnen Drahtes.

Will man das Blitzrad umgehen und die Unterbrechung des Stromes durch den sogenannten magnetischen Hammer bewirken lassen, so kann man dieses sehr einfach herrichten. Man stellt nämlich hierzu das Gestell, Fig. 763, auf ein Brettchen *AB*, Fig. 764, auf welchem es zwischen zwei Leisten einen sichern

Fig. 764.



Stand hat, und legt den soliden Eisenkern in die Rolle. An ein Stüchchen Messingdraht *a*, etwa von der Dicke einer Linie, das einerseits zugespitzt ist, schraubt oder nietet man ein Stüchchen weiches Eisen *b*, das auf seinem freien Ende eine glatte, nur wenig converge Fläche erhält. Das Messing wird an

der Spitze amalgamirt und in der Mitte durchbohrt, um es an einen Kupferdraht *cde* an zu nieten, welcher gleich unter dem Messing zur Feder dünn und breit geschlagen und auf dem Brettchen *AB* durch ein paar Haken so befestigt wird, daß das Stück *cd* vertical vor der Mitte des Eisenkerns steht und der Hammer *ab* ungefähr nach dem Mittelpunkte des Eisens schlagen kann. Der Draht *cde* wird so lang genommen, daß man ihn an die Klemmschraube 1 anschrauben kann. Auf das Brettchen *AB* wird ein zweiter Draht *fg* geheftet, der sich in eine kleine amalgamirte Scheibe endigt. Die Feder des Hammers *a b* wird so gerichtet, daß die Spitze desselben das Plättchen *h* leise berührt. Besser ist es, wenn auf das Plättchen *h* ein Plättchen von Platin gelötet wird; man kann dann das Stüchchen *ab* ganz von Eisen nehmen und nur in die Spitze *a* einen kurzen Platinstift einslößen. Es wird dadurch die Amalgamirung überflüssig, und in einem langen Eisenstückchen*entwickelt sich die magnetische Differenz beider Enden besser, der Apparat spielt also viel sicherer und bei schwächeren Strömen. Leitet man nun einen Strom bei *f* ein, so wird er den Weg *fghacde* 1 verfolgen, und von da entweder durch das stehenbleibende Blitzrad, wenn ein solches auf dem Gestelle ist, oder unmittelbar in den dicken Draht übergehen und bei 2 austreten. Dadurch aber wird der Eisenkern magnetisch und zieht den Hammer an, wenn er in der Rolle so verschoben wird, daß er nur noch einen sehr kleinen Abstand vom Eisen des Hammers *a b* hat; dieses unterbricht den

*Rich's physikalische Technik.

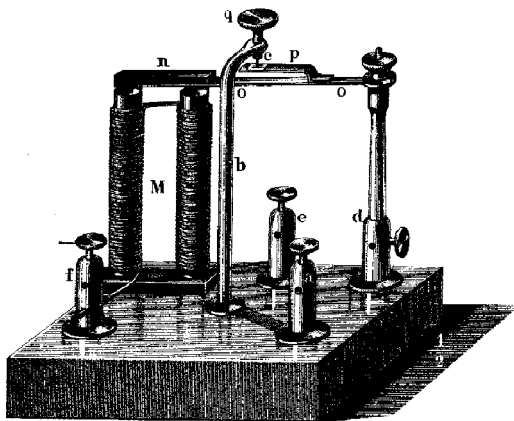
Strom, wodurch der Eisenkern seinen Magnetismus wieder verliert und die Feder *cd* den Hammer nach *h* zurückführt.

Daß man auch für den Extrastrom die gleiche Einrichtung verwenden könne, ist sehr einleuchtend. Man hat nämlich nur in die Klemmschraube 1 zugleich mit *cde* den Draht des einen Handgriffs einzuschrauben, durch die zwei passenden Klemmschrauben beide Drähte in einen zu verbinden, und an die vierte Klemmschraube den zur Kette zurückführenden Draht nebst dem zweiten Handgriff anzuschrauben. Soll jedoch ein solcher Hammer bequem werden, so muß die Scheibe *h* der Kopf einer Schraube sein, deren Mutter sich in einer, anstatt des Endes *g* angebrachten Säule befindet, um die Entfernungen ändern zu können.

- 344 **Der magnetische Hammer** ist für die Unterbrechung der Ströme ein sehr bequemer Apparat, weil derselbe selbstthätig ist. Man hat demselben darum verschiedene Einrichtung gegeben, und als eigenen selbstständigen Apparat hergerichtet, der, wie der Commutator, nach Bedarf in die übrige Leitung eingeschaltet wird.

Fig. 765 zeigt einen solchen Apparat. *M* ist der kleine Elektromagnet aus

Fig. 765.

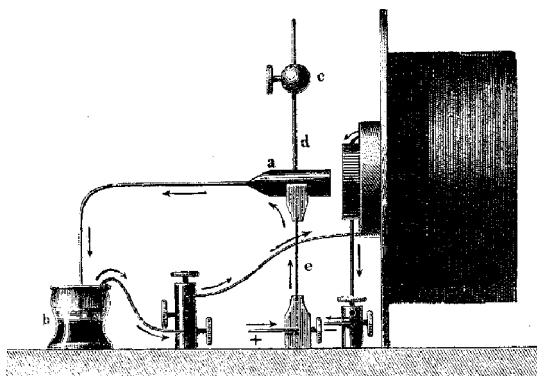


sehr gut ausgeglühtem Eisen, oder noch besser aus zwei Drahtbündeln. Derselbe hat nur eine einzige Lage von Windungen. Die Säule *d* trägt die Messingfeder *oo*, auf deren Ende sich der Anker *n* befindet. An manchen Apparaten trägt die Säule *d* noch einen kurzen Arm, durch welchen hindurch eine Schraube auf die Feder *oo* wirkt, um den Abstand des Ankers vom Magnete reguliren

zu können. Die Feder *o o* trägt noch eine zweite, *p*, auf welcher ein Platinplättchen angelöthet ist. Gegen dieses Plättchen ist die Platinspitze der Schraube *q* gerichtet und steht mit ihm in Berührung, so lange *M* nicht magnetisch ist. Diese zweite Feder *p* ist nicht nöthig, sie verlängert aber die Zeit, während welcher die Kette geschlossen ist, auf Kosten der Zeit, während welcher die Kette offen ist, und kann dadurch namentlich die Spannungsercheinungen erhöhen. Der Draht des Elektromagnets steht mit den Klemmschrauben *e* und *f*, jener der Kette mit *d f*, und jene des Inductionsapparates mit den Klemmschrauben *a, e* in Verbindung; *o* steht in Verbindung mit *b*. Tritt nun der Strom bei *d* ein, so geht er durch *o, p, q, b, a*, den Inductionsapparat, *e, M, f*.

Vollkommener und namentlich für Spannungsercheinungen wirksamer sind die Apparate, wo die Schließung durch Eintauchen von Platin in Quecksilber hergestellt wird, die Quecksilberunterbrecher. Fig. 766 zeigt die wesent-

Fig. 766.



liche Einrichtung eines solchen Unterbrechers, wie sie sich leicht an jedem Apparate anbringen läßt. Der Hammer *a* taucht mittelst eines Platindrahtes, der an das Ende eines Kupferdrahtes gelöthet ist, in das in *b* befindliche Quecksilber; das Quecksilber wird mit Weingeist so hoch übergossen, daß der Draht durch die Bewegung des Hammers den Weingeist nicht verlassen kann. Man kann nun mehr oder weniger Quecksilber anwenden, so daß das Verhältniß der Zeit, während welcher die Säule geschlossen ist, zu der Zeit, während welcher dieselbe offen ist, willkürlich hergestellt werden kann. Auch die Größe der Hammerbewegung hat man in seiner Gewalt, indem man das Drahtbündel verschiebt. Die auf dem Stifte *d* verschiebbare Kugel *c* dient zur Regulirung der Hammerbewegung, welche durch die Feder *e* und nicht durch ein Gelenk vermittelt wird. Die Feder *e* besteht aus hart gehämmertem Messing. Ihre Breite und Dicke sollte

freilich nach der Größe des Apparates und nach der Stromstärke sich richten; da dieses nun nicht sein kann, so haben die complicirten Quecksilberunterbrecher auch bei feststehenden Elektromagneten eine Vorrichtung, um die Entfernung des Ankers vom Magnete zu ändern. Anstatt Quecksilber wird auch mit Vortheil ein Platinamalgam angewendet, weil es sich weniger oxydirt und den Weingeist länger brauchbar erhält. Auch hier ist es vortheilhaft, den Quecksilberunterbrecher als selbstständigen Apparat zu haben, der nur in die Inductionsapparate eingeschaltet wird. Da aber der Einfluß des Hammers auf das Drahtbündel die inducirende Wirkung stört, so ist es zweckmäßig, den Unterbrecher so einzurichten, daß er seinen eigenen Elektromagneten und auch seinen eigenen Strom erhält; für letzteren ist dann ein einziges Element um so eher genügend, als beide Pole des Elektromagnets benutzt werden.

Die Figuren 767 und 768 zeigen einen solchen Unterbrecher in seinen

Fig. 767.

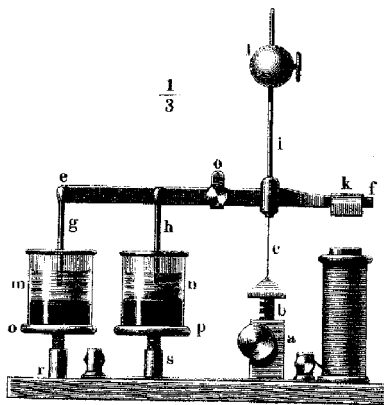
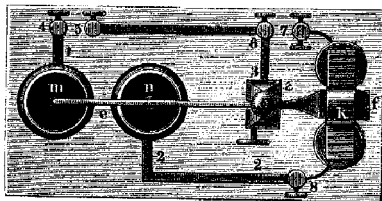


Fig. 768.

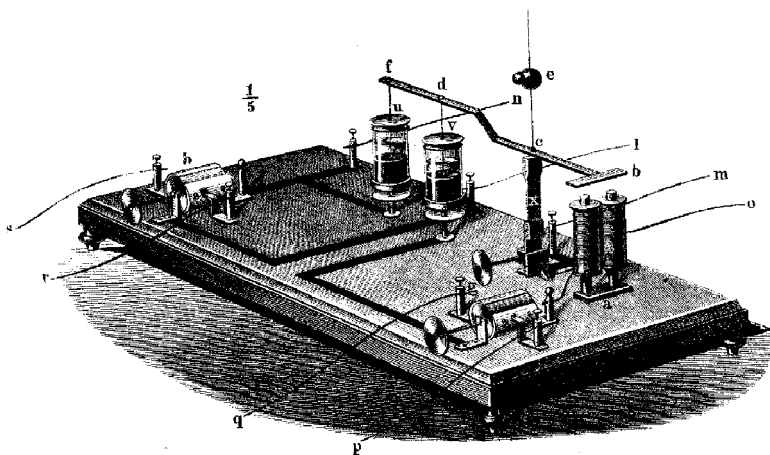


wesentlichen Theilen. Das Messingstück *a* enthält eine kurze Zahnstange *b* mit Getrieb; auf der Zahnstange ist die ziemlich starke Messingfeder (2 Centimeter breit und $\frac{1}{2}$ Millimeter dick), auf welcher die kupferne Schiene *ef* ruht; diese Schiene trägt einerseits den Anker *K* und andererseits zwei — wenigstens unterhalb — aus Platin bestehende Stifte *g, h*, welche in die Gefäße *m n* tauchen. Auf der Schiene *ef* sitzt auch noch der Stift *i*, an welchem die Kugel *l* verschiebbar ist, und der Sattel *o*; die Kugel dient, um die Geschwindigkeit der Pendelbewegung des Ankers zu reguliren, und der Sattel, um Gleichgewicht herzustellen, so daß die Feder im Ruhezustande vertical und gerade ist. Die Zahnstange dient, um den Anker in beliebige Ent-

fernung vom Elektromagneten zu bringen, darum muß aber auch die Stellung der Gefäße *m* und *n* regulirt werden können: sie stehen zu dem Ende auf dem klei-

nen Tischchen *o*, *p*, welche in den Ständern *r*, *s* sich verschrauben lassen; diese Ständer selbst stehen auf den kupfernen Schienen 1 und 2. Das Quecksilber wird nun mit den Tischchen entweder dadurch metallisch verbunden, daß ein am Tischchen befestigter Draht über den Rand des Glases weg in das Quecksilber geführt wird, oder die Gläser sind durchbohrt und ein Platindraht reicht von unten in das Quecksilber und wird in ein kleines Loch des Tischchens gesteckt. Es ist wesentlich, daß die beiden Stifte *g*, *h* gleichzeitig das Quecksilber verlassen, und darum muß man auf genaue Einstellung sehen. Mit der Klemmschraube 4 wird nun das eine Ende der Spirale verbunden, deren anderes Ende an die Kette geht; der zweite Pol der Kette ist mit 5 verbunden. In die Klemmschrauben 6, 7 kommen die Poldrähte der eigenen Kette des Unterbrechers; *m* ist also das Quecksilbergefaß für den Inductionsapparat, *n* jenes für den Unterbrecher selbst. Wenn die Bewegungen des Ankers heftig werden, so kann Weingeist oder Quecksilber herausgespritzt werden; um dieses zu verhüten, kann man einen Kautschukbeutel auf die Quecksilbergefaße streifen, der in der Mitte ein Loch hat. Weingeist muß übrigens so viel über dem Quecksilber sein, daß der Stift nie aus ihm heraustreten kann, weil sonst der Weingeist durch den Funken entzündet würde. Uebrigens soll der Stift im Ruhezustande der Feder auch nicht in das Quecksilber reichen, so daß der Apparat, auch wenn die Poldrähte geschlossen sind, erst dadurch in Thätigkeit gesetzt wird, daß man dem Stift *i* einen kleinen Stoß giebt. Ebenso unterbricht man durch Anhalten dieses Stiftes mittelst eines Glasstabes die Thätigkeit des Apparates. Anstatt des Weingeistes

Fig. 769.

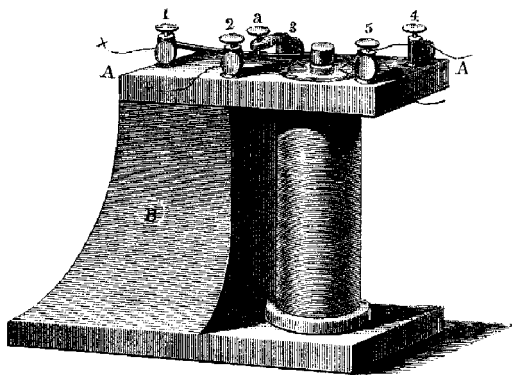


kann auch gereinigtes Erdöl angewendet werden. Will man übrigens, wo es sich nicht gerade um das Maximum der Wirkung eines Apparates handelt, nur eine Kette anwenden, so setzt man die Klemmschraube *b* mit dem einen Ende der Inductionspirale in Verbindung, leitet ihr anderes Ende an die Kette, und den anderen Pol der Kette an die Klemmschraube *7*; in diesem Falle wird das Quecksilbergefaß *n* allein benutzt.

Bei den von Ruhmkorff gefertigten Apparaten der Art sind, wie in Fig. 769 (a. v. S.), zugleich zwei Commutatoren *g*, *h* und Klemmschrauben für die Verbindung mit dem Condensator vorhanden; durch *r*, *s* kommt und geht der Hauptstrom, durch *p* und *q* der Strom für den Unterbrecher; *l*, *m* führen zur Inductionspirale, *n*, *o* zum Condensator, der auf keine andere Art eingeschaltet werden kann, als zugleich mit der Kette.

- 345 Einen für den Unterricht gut brauchbaren Inductionsapparat hat Reinsch angegeben; er ist in Fig. 770, in etwa $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{4}$ der natürlichen Größe, ab-

Fig. 770.

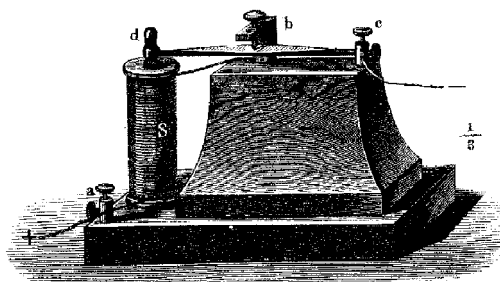


gebildet, kann aber in verschiedener Größe ausgeführt werden. Er besteht aus zwei in einander passenden Rollen, von gleich langen (etwa 100 Fuß), aber mit verschiedenfarbiger Seide überspannenen Kupferdrähten; die innere kann in ihrer Höhlung noch ein Bündel Eisendrähte aufnehmen; das Brettchen *AA* hat eine so große Oeffnung, daß die äußere Spirale gerade durchgesteckt werden kann, und wird auf seinem Träger *B* durch Holzschrauben befestigt, nachdem die Klemmschrauben von unten auf ihm ebenfalls festgeschraubt worden sind. Man kann nun die Drahtenden der äußeren oder inneren Spirale mit den Klemmschrauben 2, 3 verbinden und mit 4, 5 jene der anderen Spirale, und außerdem die Drähte des Multipliers oder die bekannten Handgriffe. Man kann sich

zur Unterbrechung des Stromes des magnetischen Hammers bedienen, oder, nach Entfernung des Eisenbündels, den Hammer von der Hand führen. Man kann auch Hammer und Drahtbündel entfernen und einen Magnetstab in die Höhlung einführen oder die Drähte der äußeren Rolle mit den Klemmen 4, 5 und dem Multiplicator verbinden, während die innere Rolle durch längere Drähte mit der Kette verbunden und abwechselnd in die weitere geschoben oder daraus entfernt wird. Man kann auch beide Spiralen in eine verwandeln, so daß der Strom beide in der gleichen Richtung durchläuft, und sie dann für den Extrastrom benutzen. Wo man weniger Mittel zur Verfügung hat und doch mehr aufwenden kann, als die beiden Spiralen von Fig. 760 erfordern, dürfte ein solcher Apparat wohl zu empfehlen sein.

Wenn man einen Apparat wünscht, welcher eben nur Erschütterungen 346 giebt, so ist es am zweckmäßigsten, einen kleinen Extrastrom-Apparat zu bauen, etwa wie ihn Fig. 771 in $\frac{1}{2}$ oder $\frac{1}{3}$ der wirklichen Größe zeigt, wo der

Fig. 771.

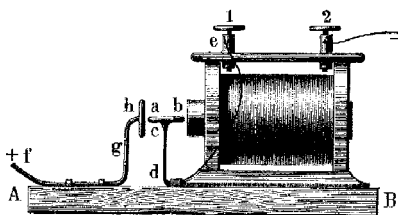


Strom durch den magnetischen Hammer unterbrochen wird. Die Enden der Spirale sind unter den Klemmschrauben *a* und *b*, die Enden der Kette in *a* und *c* eingeschraubt. Die Handgriffe werden in *a* und *b* eingeschraubt, wenn man den Extrastrom ohne den Strom der Kette, in *b* und *c*, wenn man denselben durch den Strom der Kette verstärkt erhalten will. Solche Apparate sind für medicinische Zwecke bequem, es ist aber dann gut, wenn man zwischen den einen Handgriff und seine Klemmschrauben noch eine mit Wasser gefüllte Glasröhre einschaltet, durch deren Rörke Drähte geführt sind, deren Enden im Wasser einen solchen Abstand erhalten, daß die Erschütterungen nur noch die gewünschte Stärke haben. Eine solche Röhre kann dann am Apparate selbst angebracht sein.

Spannungserscheinungen am Inductionsdrahte. Wenn 347 man die gewöhnlichen Handgriffe mit den Enden des dünnen Drahtes am In-

ductionsapparate, Fig. 772, verbindet und dieselben, ohne daß sie sich berühren,

Fig. 772.



auf den Tisch möglichst nahe aneinander legt, so sieht man in dem dunkeln Zwischenraume unausgesetzt kleine Funken überspringen, wenn der Apparat in Thätigkeit ist. Große Spannung kann natürlich an einem Apparate, dessen Theile nur durch Holz isolirt sind,

nicht stattfinden. Auch der in der Spirale liegende Eisenkern wird elektrisch, und man sieht zwischen ihm und dem Hammer unausgesetzt kleine Funken überspringen. Schraubt man Drahtstücke in die am dünnen Drahte befindlichen Klemmschrauben und berührt dieselben mit dem Knopfe eines Goldblattelektrometers, so kommen die Goldblättchen in Bewegung, und es gelingt, durch leichtes Berühren des zitternden Drahtes leicht an dem inneren Drahtende eine dauernde Divergenz zu erhalten, was bei andauernder Verührung nicht möglich ist. Untersucht man die Electricität, so zeigt es sich, daß sie vom Öffnungsströme herührt; die gleiche Electricität zeigt auch der Eisenkern. Nur wenn man das innere Drahtende ableitend berührt, zeigt sich auch am anderen Ende Electricität und zwar die entgegengesetzte. Zu bemerken ist, daß in dem Apparate Fig. 772, der inducirte Draht innen ist und der inducirende außen.

348 Apparate für hohe Spannung. Nachdem es gelungen war, durch Induction mittelst der in den vorhergehenden Paragraphen beschriebenen Apparate kleine Funken zu erhalten, hat man es durch zweckmäßige Einrichtung rasch zu Apparaten gebracht, denen in rascher Folge 2 bis 3 Decimeter lange Funken entströmen, und hierin ging namentlich Ruhmkorff Allen voran.

Ueberall, wo man größere Spannung hervorbringen will, ist natürlich eine entsprechende Isolirung des inducirten Drahtes erforderlich und es dürfte darum hier um so eher zu empfehlen sein, die Rolle für den inducirten Draht ganz von Glas zu machen, da dieses nicht einmal so viele Arbeit macht als man etwa denken könnte (§. 338). Gut ist es, hier die einzelnen Firnißschichten bis zum Schmelzen zu erwärmen.

Man verwendet jetzt für solche Inductionsrollen ziemlich große Quantitäten von Kupferdraht und giebt den Rollen manchmal eine Länge bis zu 6 und eine Dicke bis zu 2 und $2\frac{1}{2}$ Decimeter. Bei solchen Apparaten ist dann die innere Glasröhre bis nahe ein Decimeter weit und hat eine Wandstärke von 4 bis 5 Millimeter. Der inducirte Draht wird dünn genommen, $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ Millimeter dick, er wird mit Seide überspannen und erreicht dabei eine Länge von 70- bis 80000 Fuß. Für so große Apparate wird jedoch die innere Glas-

röhre der Inductionsröhle noch mit einer Schichte von Guttapercha bis zu 1 Centimeter Dicke überzogen und es müssen auch die Endscheiben über ein Centimeter dick genommen werden. Jede einzelne Lage wird mit mehreren Anstrichen von Schellackfirniß versehen. Wenn man den Inductionsdraht in Lagen aufwickelt, welche durch die ganze Länge der Röhle gehen, so haben die nach einem Hin- und Hergang über einander liegenden Enden solcher Lagen schon einen bedeutenden Spannungsunterschied, und es könnte hier eine Durchbrechung der Isolirung stattfinden, wodurch der Apparat ruiniert wäre. Die Vorschläge zur Anwendung flüssiger Isolirungsmittel haben keinen Erfolg gehabt. Mehr Erfolg hatte der Vorschlag, den Draht in Abtheilungen aufzuwickeln, so daß zuerst nur ein kurzes Stück der Spirale, aber bis auf die volle Dicke aufgewickelt, dann der Draht unter besonders guter Isolirung wieder nach innen geführt und ein weiteres Stück aufgewickelt wird. Es können die einzelnen Schichten auch für sich gewickelt und dann so verbunden werden, daß der Strom in der einen von innen nach außen und in der nächsten von außen nach innen geht. So kommen denn nie Theile des Drahtes auf einander zu liegen, welche eine große Spannungsdifferenz zeigen. Diese Art, den Inductionsdraht aufzuwickeln, ist schwierig, und man theilt darum nach Poggendorff die Inductionsspirale in mehrere ab, wo dann immer die äußerste Lage der einen mit der innersten der folgenden verbunden wird. Der zur innersten Lage führende Draht muß besonders gut isolirt sein und durch eine Glas- oder Guttapercharröhre laufen, wobei dann die in §. 338 erwähnte Auffutterung ebenfalls nöthig ist. Sind die Wände zwischen den einzelnen Abtheilungen von Holz, so kann man sie in der Richtung des Radius durchbohren, um den wohl isolirten Draht nach innen zu führen. Indessen habe ich eine solche Abtheilung der Spirale bei keinem der neueren Apparate, welche ganz große Wirkung geben, bemerkt. Die Verbindung der einzelnen Theile kann, wenn sie auch getrennt verwendet werden sollen und man etwa verschiedene Combinationen versuchen will, durch kleine Klemmschrauben geschehen, welche man auf die Scheidewände setzt, andernfalls dreht man dieselben zusammen und verlöthet sie mit dem Löthkolben. Gewöhnlich nimmt man an den Anfang und das Ende einer Spirale etwa Millimeter dicken Draht. Die Endwindungen werden mittelst Seide festgebunden und die ganze Rolle gewöhnlich mit einem Seidenüberzuge oder einem noch mehr isolirenden Ueberzuge versehen und die Drahtenden, wenn sie aus diesem heraustreten, in Guttapercharröhren gesteckt. Besser noch sind Drähte, die mit Guttapercha dick überzogen sind, wenn man dann deren freigemachtes Ende mit dem Ende der Windungen verlöthet. Die Enden des Inductionsdrahtes werden an den Funkenapparat geführt, wovon später.

Die inducirende Spirale erhält eine Oeffnung von $2\frac{1}{2}$ bis 3 Centimeter und wird mit Kupferdraht von 2 bis 3 Millimeter Dicke überwickelt. Dieser Draht wird mit Wolle oder Baumwolle übersponnen und im letztern Falle eben-

falls gestrikt. Die Rolle erhält eine gerade Zahl von Drahtlagen, damit ihre Enden auf derselben Seite heraustreten, um sie bequemer zum Unterbrecher zu führen. Da die inducirende Spirale nicht isolirt sein kann, indem ihre Theile mit dem Stromunterbrecher und der Kette in Verbindung sind, so muß man sich gegen das Abströmen der Electricität von der inducirten Spirale auf die inducirende durch dicke isolirende Schichten schützen.

349 Der Condensator ist ein wesentlicher Theil aller Apparate mit hoher Spannung; er steht mit der inducirenden Spirale in Verbindung. Dieser Condensator besteht aus einem 3 bis 4 Meter langen und 2 bis 3 Decimeter breiten Streifen aus Wachstafel, der beiderseits bis auf 1 bis $1\frac{1}{2}$ Centimeter vom Rande mit Stanniol belegt ist; der Stanniol wird mittelst Schellacklösung aufgeklebt. Dieser Condensator befindet sich in einem unter dem Brette, welches die Inductionsröle trägt, befindlichen Kasten, in welchem er mehrfach hin- und hergelegt ist; zwischen jeder Falte befindet sich bei den Störher'schen Apparaten eine Holz- oder Glasplatte. Man kann indessen anstatt eines einzigen Streifens von Wachstafel auch einzelne Blätter von demselben und von Stanniol verwenden und dieselben so schichten, daß zwischen je zwei Stanniolblätter zwei Blätter von Wachstafel zu liegen kommen. Alle ungeraden Stanniolblätter werden durch eingelegte Stanniolstreifen, welche um die Wachstafelblätter herumgehen, unter sich auf derselben Seite verbunden und ebenso alle geraden Stanniolblätter auf der entgegengesetzten Seite. Die Stanniolblätter werden ringsum etwa 1 bis 2 Centimeter kleiner genommen als die Wachstafelblätter, und große Apparate enthalten bis 50 solcher Schichten.

In den Ruhmkorff'schen Apparaten befinden sich keine Glasplatten zwischen den Falten des Condensators; man kann daher, wenn Fig. 773 diese Falten schematisch darstellt, die Stanniolblätter 2, 3; 4, 5 ..., welche sich unmittelbar berühren, als ein einziges ansehen, wodurch das Schema so wird, wie es Fig. 774 zeigt, woraus man sieht, daß man nur die eben angegebene Verbindung zu

Fig. 773.

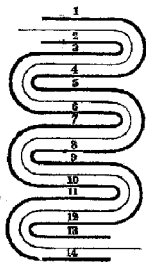


Fig. 774.

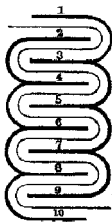
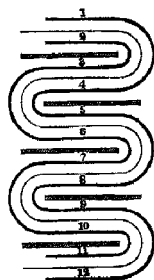


Fig. 775.



machen habe. Will man Glasplatten zwischen den Falten haben und dennoch nur einzelne Blätter verwenden, so zeigt das Schema Fig. 775 hinreichend, wie die Schichtung zu machen wäre und welche Stanniolblätter zu verbinden wären. Einen eigentlich entschiedenen Vortheil von der Glaszwischenlage habe ich nicht bemerkt. Der Kasten des Condensators bildet am besten ein unterhalb des Apparates befindliches Schubfach, an dessen vorderer Wand *a*, Fig. 776, zwei kupferne

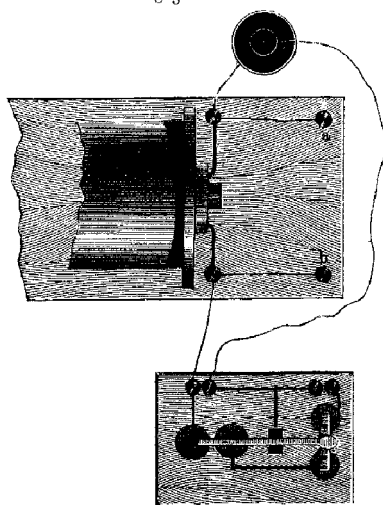
Fig. 776.



Federn *b* sich befinden; diese Federn legen sich beim Hineinschieben hart unter die hervorragenden Enden zweier Klemmschrauben, welche sich auf dem Boden über dem Schubfache befinden. Jede dieser Kupferfedern steht durch Stanniolstreifen mit einer der beiden

Belegungen des Condensators, beziehungsweise mit den geraden oder mit den ungeraden Stanniolblättern in Verbindung, so daß durch bloßes Hineinschieben des Schiefjaches, welches den Condensator enthält, dieser mit den beiden über ihm befindlichen Klemmschrauben verbunden ist und durch Herausziehen außer Verbindung mit dem Apparate gesetzt werden kann, was für den Unterricht besonders vortheilhaft ist. Ebenso ist es vortheilhaft, wenn der Condensator so mit dem inducirenden Drahte verbunden werden kann, daß entweder lediglich nur die Enden dieses Drahtes mit seinen beiden Belegungen communiciren, oder daß zwischen das eine Drahtende und den Condensator noch die Kette einge-

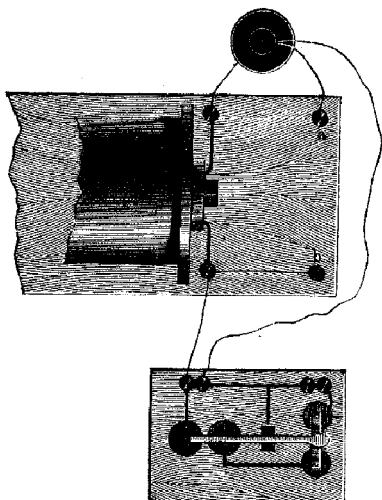
Fig. 777.



Die schematischen Figuren 777 und 778 (a. f. S.) zeigen diese beiden Verbindungsarten, wobei die besondern Ketten für den kleinen Elektromagneten des Unterbrechers weggelassen sind. Die Klemmschrauben *a* und *b* stehen auf die oben angegebene Art mit dem Condensator in Verbindung und gestatten, wenn dieser eingeschaltet ist, an seiner Stelle entweder die Einschaltung der Belege einer großen Leydener Flasche, oder die Einschaltung zweier Drähte

mit Handgriffen in den Extraström des inducirenden Drahtes. In Fig. 777 sind diese Schrauben bei geöffneter Kette nur mit den Enden des inducirenden Drahtes verbun-

Fig. 778.



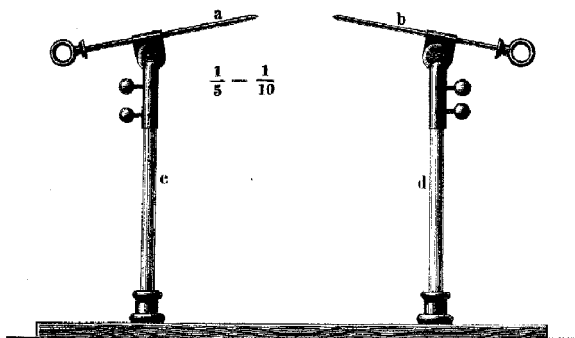
350

den; bei Fig. 778 ist aber *a* an irgend einem Punkte vor der Unterbrechungsstelle noch mit der Zuleitung von der Kette her verbunden und die Kette selbst also noch zwischen das Ende des inducirenden Drahtes und die Klemmschraube *a* eingeschaltet. Letztere Verbindung ist die wirksamere und darum bei den Apparaten, wo keine Veränderung möglich ist, immer angewendet.

Ein weiterer Theil dieser Apparate ist der Entlader oder Funkengeber. Bei kleineren Apparaten wird derselbe mit der Inductionsrolle auf demselben Brette angebracht, den grö-

ßeren wird er als selbstständiger Theil beigegeben. Er besteht, Fig. 779, aus zwei Glasfäulen, deren Höhe nach der Größe des Apparates verschieden ist; diese

Fig. 779.



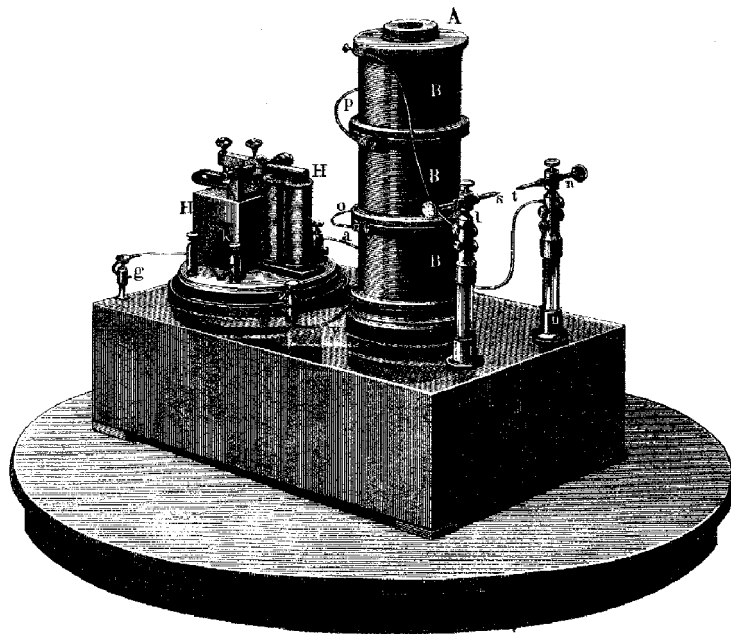
haben oberhalb eine Messingfassung, in welche die Enden des inducirten Drahtes eingeschraubt werden und welche auch noch das Einschrauben eines andern Drahtes gestatten. Oberhalb tragen diese Fassungen eine drehbare federnde

Hülse, in der sich ein starker Messing- oder Kupferdraht verschieben läßt, welcher einerseits in einen abschraubbaren Ring, andererseits in eine kurze stumpfe Platinspitze endet; anstatt der Ringe kann man dann eine Kugel oder eine Messingplatte anschrauben; denn man erhält die längsten Funken, wenn man die stumpfe Platinspitze einer solchen Platte gegenüber stellt, welche etwa die Funkenlänge zum Durchmesser hat. Man sieht wohl, daß man für kleinere Apparate hierzu auch den allgemeinen Henley'schen Auslader, Fig. 560, verwenden kann, wenn man besondere Drähte mit Platinspitzen dazu vorrichtet.

Mit solchen Apparaten werden besonders Quecksilberunterbrecher verbunden oder denselben beigegeben. Ein Commutator fehlt gewöhnlich ebenfalls nicht; fehlt er aber, so muß an irgend einer Stelle des Apparates dafür gesorgt sein, daß man den Strom durch einen isolirenden Handgriff unterbrechen kann. Bei Quecksilberunterbrechern braucht man nur den Unterbrecher mittelst eines Glasstäbchens, wie schon erwähnt ist, anzuhalten.

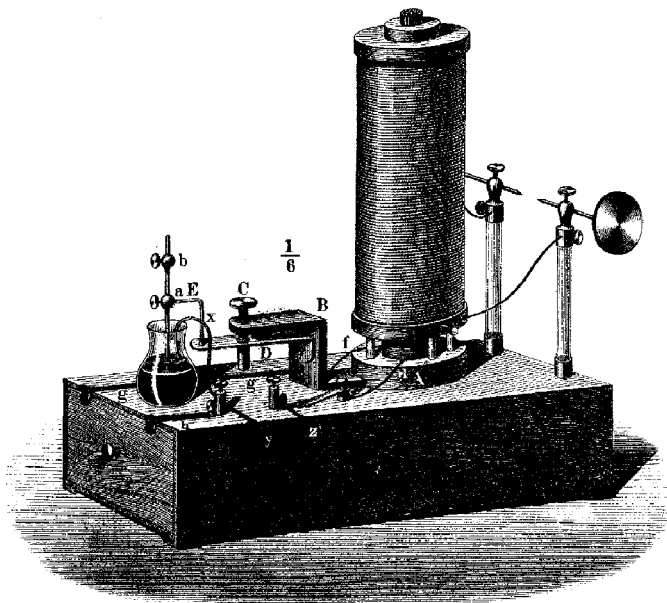
Einzelne Apparate. Fig. 780 zeigt einen von Stöhrer in 351 Dresden gefertigten Apparat mit getrennten Spiralen *B, B, B* mit hölzernen Endscheiben; sie sind auf die innere inducirende Spirale *A* aufgeschoben und

Fig. 780.



von ihr gehörig isolirt; unterhalb ruhen sie auf Glasfüßen. Die Unterbrechung geschieht durch einen besondern kleinen Elektromagneten *H*, aber durch denselben Strom; die Kette wird mit den Klemmschrauben *kz* verbunden und der Strom geht dann von *k* durch den Unterbrecher über *a* in die inducirende Spirale und über *yz* zurück oder umgekehrt. Der Anker des Unterbrechers wird durch eine Spiralfeder von seinem Magneten abgezogen, welche willkürlich gespannt werden kann; je stärker sie gespannt ist, desto länger dauert die inducirende Wirkung. Der Condensator befindet sich in dem Kasten unterhalb des Apparates und wird ausgeschaltet, durch Ausziehen des Schiebefaches, in dem er sich befindet. Die Verbindung des Condensators mit dem Strome ist so, daß die Kette stets mit eingeschaltet ist. Dieser Apparat gab 30 bis 36 Millimeter lange Funken. Fig. 781 zeigt einen neueren, ebenfalls von Störker gefertigten Apparat, welcher bis 1 Decimeter

Fig. 781.

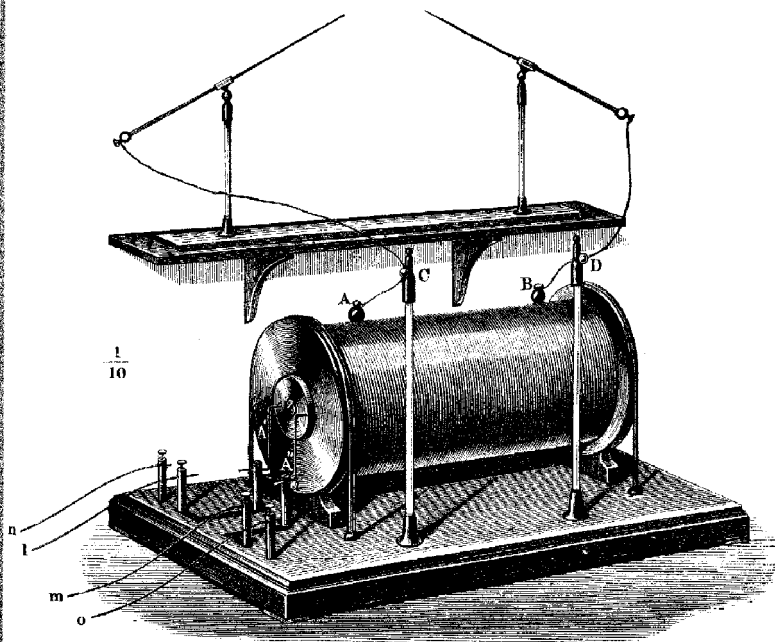


lange Funken giebt. Er hat einen Quecksilberunterbrecher. Die äußere Spirale ruht ebenfalls auf Glasfüßen; die innere sitzt in dem Holzringe *A* und ihr Drahtbündel steht auf der schmiedeeisernen Schiene *B*, in welcher die eiserne Schraube *C* ziemlich fest geht. An die Schiene *B* ist die Messingfeder *D* geschraubt und diese trägt einen der Schraube *C* gegenüberstehenden kleinen Cylinder aus Schmiedeeisen, sowie den gebogenen Kupferdraht *E*, der den Kupferdraht

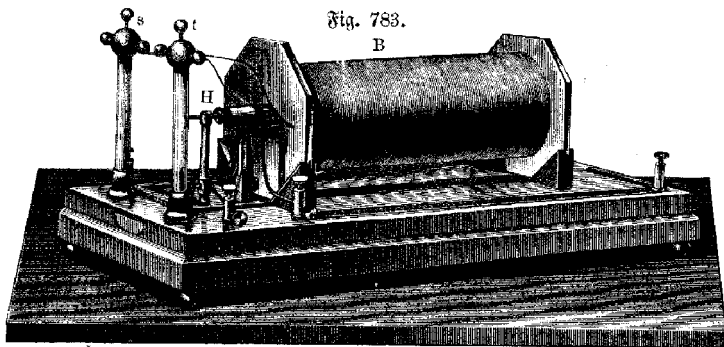
trägt, welcher mit seinem Platinende in das Quecksilber taucht. Er ist in dem Knopfe *a* verstellbar und hat noch eine verstellbare Kugel *b*, durch welche, sowie durch die Schraube *C* das Spiel des Unterbrechers regulirt werden kann. Die Kette wird durch *y, z* mit dem Apparate verbunden; tritt der Strom durch *y* ein, so geht er durch den gebogenen Draht *x* in das Quecksilber über *E* und *D* an die Schiene *B*; an diese Schiene ist sowohl der Draht *f* als die Kupferschiene *g, g* angeschraubt und der Strom kann also jetzt durch *f* in die innere Spirale und aus dieser über *d, c* und *z* zurück und umgekehrt. Bei *c* kann ein Theil der Leitung an einem hölzernen Knopfe seitwärts gedreht und so der Strom unterbrochen werden. Der Condensator ist wieder in dem Kasten unterhalb des Apparates und die Kupferschienen *gg* und *h* bilden die Zuleitungen für den Extrastrom zu demselben. Auch hier ist stets die Kette mit eingeschaltet und es giebt nur diese Verbindung. Der Funkenapparat ist mit dem Ganzen verbunden; die Zuleitungen zu demselben kommen von dem oberen und unteren Ende der äußeren Spirale.

Fig. 782 zeigt einen großen Ruhmkorff'schen Apparat mit abgefondertem Entlader. Es gehört dazu ein Quecksilberunterbrecher mit dem in Fig. 768

Fig. 782.



dargestellten Leitungen. Der Strom tritt durch *l* und *m* zu der inneren Spirale und durch *n* und *o* zum Condensator. In *A* und *B* endigt die äußere Spirale und der inducirte Draht ist zuerst mit den isolirten Ständern *C* und *D* verbunden und wird erst von diesen aus weiter geleitet. Die früheren Ruhmkorff'schen Apparate mit Hammerunterbrechung, wie der in Fig. 783 abge-



bildete, lassen sich leicht nach Anleitung von Fig. 766 mit einem Quecksilberunterbrecher versehen, wodurch ihre Wirkung auffallend erhöht wird.

352 Versuche mit dem Funkeninductor. Wird der Apparat in Thätigkeit gesetzt, so springen zwischen den Enden des Entladers Funken über und zwar um so längere, je langsamer der Unterbrecher geht, d. h. je höher man die Kugel *l*, Fig. 767, stellt; auch dadurch werden die Funken länger und kräftiger, daß man das Quecksilber in Gefäße so stellt, daß der inducirende Strom länger geschlossen als offen ist. Man wendet gewöhnlich nicht über 4 bis 6 große Kohlenelemente zur Erregung des Apparates an, nur an den ganz großen Apparaten werden 6 bis 12 verwendet. Stellt man die Enden des Entladers so weit auseinander, daß keine Funken überspringen können, und nähert einen Leiter denselben, so zeigen sich an dem äußern Drahtende längere Funken als am innern, doch werden auch diese länger, wenn man das äußere Ende ableitend mit der Erde verbindet; indessen müssen dann die Funken mittelfst eines von der Hand isolirten Leiters ausgezogen werden und es sind diese Versuche nur bei schwächeren Maschinen sicher anzustellen, oder bei ganz schwachen inducirenden Strömen. Stellt man die Spitzen des Entladers sehr weit auseinander, so springt nur der beim Deffnen des inducirenden Drahtes bewirkte Funken über, was man aus der Richtung der Drahtwindungen und der Abweichung eines eingeschalteten Multiplikators erkennt. Die Art der freien Electricität an den Drahtenden kann man, bei schwachem Gange des Apparates, auch mittelfst eines

Elektrometers untersuchen, dessen Knopf man mit Seide umwickelt hat, oder an dessen Knopf man einen Draht befestigt, dessen Ende zum Ringe umgebogen und dicht mit Seide umwickelt ist.

Geht der Apparat schwach und man stellt die Spitzen etwas weiter auseinander als die Funkenlänge beträgt, so daß also keine Funken überspringen, so kann man dieselben hervorrufen, wenn man ein Stückchen Holz oder den Knöchel

Fig. 784.

Fig. 786.

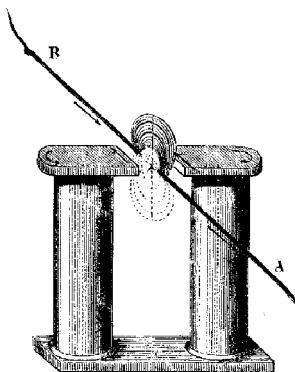
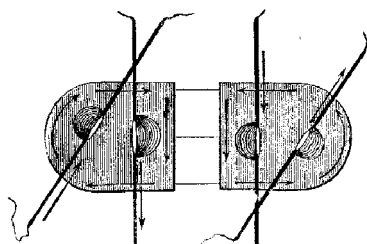


Fig. 785.



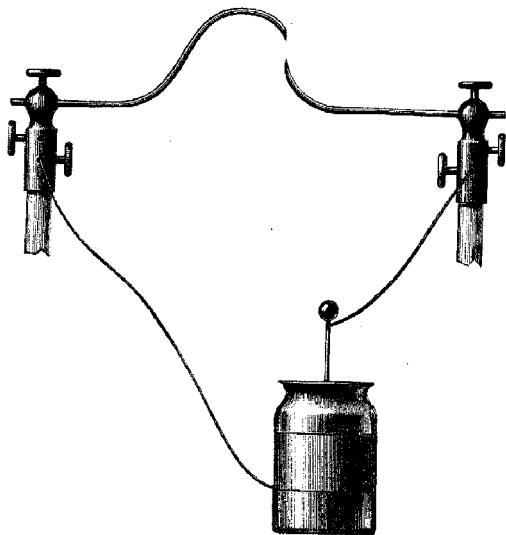
des Fingers den Enden nähert. Die oben beschriebene Scheibe an dem Entladungsdrahte wirkt am besten, wenn sie sich am negativen Ende des Desseignestromes befindet.

Stellt man die Spitzen so nahe, daß ein ununterbrochener Funkenstrom zwischen denselben stattfindet, so zeigt sich derselbe mit einer vom positiven Ende aus-

gehenden röthlichen Lichthülle umgeben, während die negative Spitze mit einer lavendelblauen Hülle umgeben ist. Durch einen mittelst eines Blasbalgs erregten Luftstrom läßt sich die Lichthülle etwas zur Seite drücken, so daß die Funken nicht mehr die Axe derselben bilden. Auch der Magnet hat Einfluß auf diese Lichthülle. Die Figuren 784, 785 und 786 zeigen den Einfluß, wenn die Entladung zwischen oder über den Halbantern eines kräftigen Magnets stattfindet.

- 353 Um das Licht der Funken zu untersuchen, muß man die Metallspitzen, zwischen welchen dasselbe übergeht, etwas nahe stellen und noch vorher mit den Belegen einer kleinen Leydner Flasche verbinden. Je nach der Größe des Apparates verwendet man Flaschen von einigen Unzen bis 2 Pfund Wassergehalt und eine Entfernung der Spitzen von höchstens 2 Centimetern. Die Flasche wird dabei zuerst geladen und erst ihre Selbstentladungen gehen in rascher Folge zwischen den Spitzen über. Man erhält so gerade, dicke glänzende Funken, die man als Lichtlinie mittelst eines Prismas und eines Fernrohrs untersuchen kann.

Fig. 787.



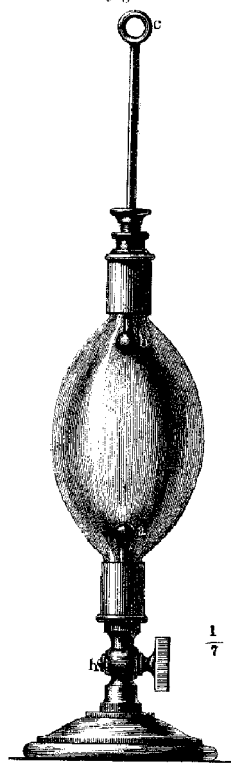
Hierfür ist es nun freilich besser, wenn die Spitzen vertical einander gegenüber stehen, und man richtet darum in dem Entlader zwei so gerichtete Drähte. Fig. 787 zeigt diese Zusammenstellung schematisch.

- 354 Um Leydner Flaschen zu laden, läßt man die Funken von der einen Spitze in den Knopf der Flasche in der größtmöglichen Entfernung überspringen, während das andere Ende entweder in die Erde abgeleitet oder mit dem äußeren Belege der Flasche verbunden ist; statt dessen kann man auch das eine Drahtende wie gewöhnlich mit der einen Spitze des Ausladers, das andere mit dem äußern Belege und das innere Belege mit der andern Spitze verbinden und beide Spitzen auf die größte Funkenlänge stellen. Ohne dieses wird man keine Ladung erhalten.

- 355 **Versuche in verdünnten Gasen.** Leitet man die Enden des inducirten Drahtes in einen luftverdünnten Raum, so kann ihr Abstand sehr

vergrößert werden. Allerdings springen dann in großer Entfernung zuletzt keine Funken mehr über und es bleibt nur noch die immer mehr ausgebreitete Licht-
hülle. Man kann hierzu ganz bequem das sogenannte elektrische Ei, einen

Fig. 788.



auch bei der Reibungselectricität gebrauchten Apparat, Fig. 788, verwenden. Dasselbe wird auf die Luftpumpe geschraubt und die Verdünnung möglichst weit getrieben — bis auf 3 und noch besser bis auf 1 Millimeter Barometerstand. Die Fassung der internen Tubulatur wird mit dem einen Drahtende und der Ring c mit dem andern verbunden; die Stange, welche die Kugel b trägt, geht durch eine Stopfbüchse und es kann also die Kugel b der Kugel a beliebig genähert werden. Während der Apparat im Gange ist, darf dieses aber nicht geschehen, wenn man sich nicht sehr empfindlichen Schlägen aussetzen will. Der Raum zwischen beiden Kugeln ist durch die rothe Licht-
hülle ausgefüllt und die negative Kugel mit dem lavendelblauen Glümmlichte überzogen, jedoch zeigt sich ein dunkler Zwischenraum zwischen dem rothen und blauen Lichte. Befindet sich in dem Ei etwas Wasser oder Aetherdampf, so zeigt sich das rothe Licht geschichtet. Die Kugeln sollen nicht gefirnisset sein.

Man braucht hierzu nicht gerade ein elektrisches Ei zu haben, jede Luftpumpenglocke mit Stopfbüchse ist dazu brauchbar, wenn man in die Oeffnung des Tellers einen kurzen Draht mit einer Kugel einsteckt. Besonders schön zeigen sich die Erscheinungen in verschiedenen verdünnten Gasen

in den sogenannten Geißler'schen Röhren (vom Mechanikus Geißler in Bonn). Es sind dieses verschieden geformte Glasröhren, Fig. 789 und 790 (a. f. S.), in welche Platindrähte eingeschmolzen sind. An einer Stelle haben sie eine seitliche Oeffnung, mittelst welcher sie mit einer guten Luftpumpe in Verbindung gebracht werden können. Nach dem ersten Auspumpen füllt man sie mit einem bestimmten Gase, pumpt dann abermals, aber bis auf 1 höchstens 2 Millimeter Quecksilberdruck aus und verschließt die seitliche Verbindung durch Zuschmelzen. Man legt solche Röhren am besten auf ein eigens dazu gerichtetes Gestell, wo sie eine gesicherte Lage haben, da man die Versuche im Dunkeln macht. Je enger die Röhren sind, desto intensiver ist das Licht; um aber die

Schichtung deutlich zu sehen, muß die Röhre bis 1 Zoll weit sein. Die Farbe des Lichtes ist von der Natur des eingeschlossenen verdünnten Gases abhängig. Manche dieser Röhren leuchten noch kurze Zeit nach Unterbrechung des Stromes; es hängt dieses von dem Inhalte ab, und zeigt sich namentlich bei Schwefelwasserstoff, Stickoxyd und schweflichter Säure. Ähnliche Erscheinungen erhält man, wenn man eine solche Röhre in den Entladungskreis einer Maßflasche einführt und diese wie in §. 278, 14 mit dem Conductor der Elektrifirmaschine verbindet; doch ist noch nöthig, irgendwo eine nasse hänfene Schnur in den Kreis einzuschalten.

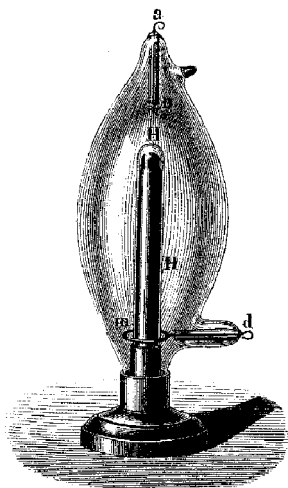
Fig. 789.



Fig. 790.



Fig. 791.



In der Nähe starker Magnetpole zeigt der Lichtstrom eine der Theorie entsprechende Ablenkung.

Geißler hat auch den in Fig. 791 abgebildeten Apparat construiert, der für die Wirkung eines Magnets besonders belehrend ist. In ein eiförmiges Glasgefäß sind die beiden Zuleitungsdrähte von Platin *a* und *d* eingeschmolzen, von welchen letzterer innerhalb zu einem Ringe umgebogen ist, welcher eine Glasröhre *H* unterhalb bei *m* umfaßt. Diese Glasröhre ist gleichsam in das eiförmige Gefäß hineingestülpt und also von unten her offen. In ihr steckt ein Stück weichen Eisens, welches durch den hölzernen Fuß hindurch reicht. Man setzt diesen Apparat auf den einen Pol eines kräftigen Elektromagnets. Der Lichtstrom umkreist dann den Magnet in Spirallinien, deren Drehung umgekehrt wird, wenn man die Pole des Elektromagnets wechselt.

Die Wirkung des Condensators wird auffällig genug durch 356
bloße Anschaltung desselben. Hat der Apparat die Einrichtung, um den Extra-
strom auf beide oben (§. 349) beschriebene Arten einzuschalten, so wird man
auch hier den Einfluß auf die Funkenlänge leicht bemerken, so wie es zur Er-
läuterung der Wirkung sehr gut ist, anstatt des Condensators eine Leydner
Flasche einzuschalten.

Die mechanischen Wirkungen des Inductionsfunken sind 357
vollkommen jenen einer Leydner Flasche ähnlich, nur viel kräftiger. Man kann
mittelfst derselben auf die gleiche Weise Glas durchbohren. Bei sehr kräftigen
Apparaten ist dieses mit 3 bis 4 Centimeter dicken Glasplatten gelungen, wobei
sich dann eine Verästelung der Sprünge zeigt. Um aber bei dickeren Platten
zum Ziele zu gelangen, genügt es nicht, die Glasplatte mit einer Oelfschicht zu
bestreichen; es würde dieses den Funken nicht hindern, die Platte zu umgehen.
Man setzt hier eine gut passende Glasröhre von 1 bis 2 Zoll Weite auf die
Glasplatte, stellt den Leiter mitten hinein und gießt eine Mischung aus Wachs
und Harz 2 bis 3 Zoll hoch hinein. Erst nach vollständigem Erkalten macht
man den Versuch, indem man die Glasplatte auf eine Metallplatte legt, welche
mit dem andern Ende des inducirten Drahtes verbunden ist oder so auf ein
Gestell, daß auch von der andern Seite nur ein Draht an das Glas führt.
Man hört dabei auffallend wenig Geräusch, gerade wie bei dem Versuche mit
der Leydner Flasche (§. 278, 2).

Der Funkenanker. Um zu zeigen, daß auch der in weichem Eisen 358
durch Vertheilung mittelst eines anderen Magneten hervorgerufene Magnetismus
in einem unentwickelten Drahte einen elektrischen Strom hervorruft, nimmt man
ein weiches Stück Eisen, das etwas länger ist, als der Anker eines beliebigen
Hufeisen-Magnets, rundet es in der Mitte etwas ab und wickelt etwa 10 bis

Fig. 792.

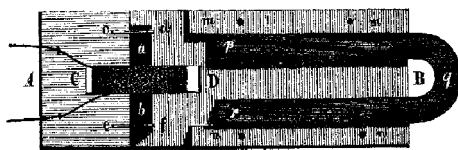


Fig. 793.



20 Fuß Kupferdraht um
die Mitte desselben zu
einer so langen Rolle
auf, daß sie noch ohne
das mindeste Anstoßen be-
quem zwischen die Schen-
kel des Hufeisens paßt.
Ein Brettchen AB, Fig.
792 und 793, wird auf
der Seite gegen A um
die Dicke dieses Eisens
dicker gelassen, als auf
seiner übrigen Länge, und

in der Mitte mit einem Schlige CD versehen, so daß man den Anker ab sammt der Rolle, wie die Figur zeigt, auf das Brettchen legen und durch Drähte cd , ef gehörig befestigen kann. Für diese Drähte seilt man Rinnen in die äußeren Theile des Ankers; die Enden der Rolle aber werden auf das Brettchen befestigt, um mit dem Multiplicator verbunden zu werden. Auf den anderen Theil des Brettchens schraubt man zwei schmale Keisten mm , nn , zwischen welchen man den Hufeisenmagnet pqr auf der Fläche des Brettchens rasch an den Anker anschieben und von ihm abreißen kann. Jedesmal zeigt hierbei der Multiplicator einen Strom in vorher bestimmter Richtung. Es ist zweckmäßig, die Flächen des Ankers mit Papier oder Elfenbein zu belegen, damit der Magnet nicht mit demselben in vollständige Verührung kommen kann.

359 Magnetelektrisirmaschinen. Der vorhergehende Versuch ist die Grundlage für die Erklärung der Magnetelektrisirmaschinen, deren Einrichtung sehr mannigfaltig ist. Wenn dieselben mit Stahlmagneten versehen sind, so bieten sie manche Bequemlichkeiten mehr als jene, welche Elektromagnete besitzen; sie werden aber dadurch auch theurer. Eine eigenthümliche Construction haben die Stöhrer'schen derartigen Maschinen; sie sind zugleich deswegen sehr empfehlenswerth, daß sie auch umgekehrt durch den Strom den Magnet rotiren machen und zugleich also eine durch Galvanismus treibbare Maschine darstellen. Auch die Magnetelektrisirmaschinen mit Stahlmagneten, welche Stöhrer in Dresden verfertigt, zeichnen sich durch kräftige Wirkung und bequeme Einrichtung aus.

Ueber die Behandlung solcher Maschinen läßt sich um so weniger eine allgemeine Anleitung geben, als dieselben so verschieden sind als die Werkstätten, aus denen sie stammen. Die Unterbrechung des inducirten Stromes muß übrigens bei denselben nahezu in dem Augenblicke erfolgen, wo die Fläche des Ankers die Polflächen des Magnets in Folge der Drehung gerade überschritten hat. Wenn eine solche Maschine nicht gebraucht wird, legt man auf die Stahlmagnete ein Stück weichen Eisens, welches beim Gebrauche wieder entfernt werden muß. Bestellt man eine solche Maschine, so ist darauf zu sehen, daß der Draht, welcher um den rotirenden Anker gewickelt ist, sowohl zu einem einzigen langen Drahte als zu einem kurzen dicken combinirt werden kann oder, wie man gewöhnlich sagt, auf Vermehrung der Intensität oder der Quantität des Stromes benutzt werden kann, oder aber, daß ein besonderer Quantitäts- und ein besonderer Intensitätsanker beigegeben sei. Ebenso wird ein Commutator erforderlich, der alle Ströme des Apparates gleich richtet; gewöhnlich wird hierfür der von Stöhrer angegebene verwendet.

Wenn diese Apparate Stahlmagnete haben, so müssen dieselben ganz besonders hart sein, weil sonst der Apparat durch das beständige Abreißen des

Anters gar bald an Wirksamkeit verliert. Die Polflächen des Anters müssen so gestellt werden, daß sie möglichst nahe vor den Polflächen des Magnets vorbeigehen und dafür läuft die Umdrehungsaxe des Anters an den Spitzen zweier Schrauben, damit die Stellung regulirt werden kann. Eine kräftige Maschine der Art ist ein bequemer, stets dienstfertiger Apparat zu allerlei elektrischen Versuchen, wo nicht gerade große Widerstände zu überwinden sind.

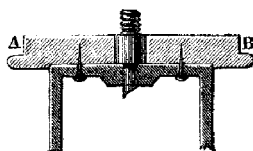
Magnetische Erscheinungen rotirender Scheiben. Die 360

hierher gehörigen Versuche lassen sich der Hauptsache nach mittelst der Schwingmaschine sehr leicht darstellen. Man löthet auf eine Scheibe aus starkem Kupferbleche *a b*, Fig. 794, ein Stück Messing *c*, welches mit einer auf die Aze der

Fig. 794.



Fig. 795.



Schwingmaschine passenden Schraube versehen ist; an dieser Schraube wird nun die Scheibe rund und wohl eben gedreht. Auf den in §. 118 beschriebenen Bügel der Schwingmaschine wird ein kreisrundes Brettchen *A B*, Fig. 795, von etwa 6 Zoll Durchmesser geschraubt, an welches außerhalb ein Ansatz gedreht ist; auf diesen paßt man einen Cylinder von Pappe, Fig. 796, in welchem durch Pappringe eine Glasscheibe so befestigt ist, daß, wenn die Kupferscheibe auf die Aze geschraubt und der Cylinder aus Pappe auf das Brettchen darüber gesteckt ist, die Kupferscheibe dicht unter dem Glase sich befindet, ohne aber an diesem zu streifen. Auf das Glas setzt man nun mittelst eines sehr niedrigen Stativs, Fig. 797, eine Magnetenadel, deren Länge beinahe dem Durchmesser der Kupferscheibe gleichkommt. Wird die Kupferscheibe in ihrem Gehäuse schnell

Fig. 796.

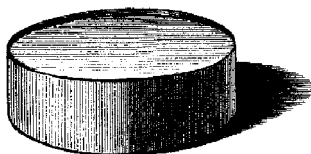


Fig. 797.



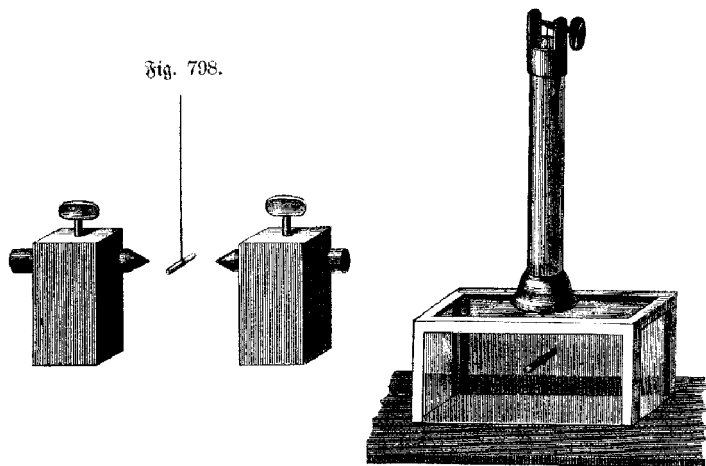
gedreht, so folgt ihr die Magnetenadel in derselben Richtung. Die Wirkung solcher Kupferscheiben ist aber sehr ungleich stark, selbst wenn sie neben einander aus demselben Bleche geschnitten wurden. Eine zweite Kupferscheibe erhält

mittelst der Säge radiale Einschnitte, um den bekannten Erfolg derselben nachzuweisen.

G. Versuche über Diamagnetismus.

- 361 Zu den Versuchen mit Wismuth und anderen festen Körpern setzt man auf die Pole eines starken Elektromagnets gut auf dieselben passende Eisenstücke wie die in Fig. 798 abgebildeten; sie sind in genau gleicher Höhe etwa 2 Centimeter weit durchbohrt und können hier einen in der Bohrung leicht verschiebbaren einerseits zugespitzten Eisenzylinder aufnehmen; letzterer läßt sich durch

Fig. 799.



eine Schraube feststellen. Dadurch wird es möglich, die beiden Magnetpole einander beliebig zu nähern. Die Magnetpole nebst diesen Eisenstücken können durch ein aus Fensterglas mittelst Papierstreifen zusammengefügtes Kästchen, Fig. 799, bedeckt werden, für welches auf dem die Magnetpole umgebenden Tischen (Fig. 713 und 714) ein Streifen Sammet aufgeleimt ist. Der obere Dedel des Kästchens ist in der Mitte durchbohrt und mittelst einer darauf gefitteten Holzfassung läßt sich über diese Oeffnung eine 6 bis 8 Zoll hohe Glasröhre aufstecken. Diese Glasröhre wird nicht eingefittet, sondern die untere Fassung sowie die obere werden nur mit Sammet gefüllt. Die obere Fassung hat zwei hervorstehende Lappen, durch welche ein Nagel gesteckt ist. An diesem Nagel wickelt sich ein Seidenfaden, der unten ein Häkchen trägt, auf und ab.

- 362 Die Gegenstände, welche hier der Wirkung der Magnetpole ausgesetzt werden sollen, werden an Coconsäden gebunden, die etwa $\frac{1}{2}$ bis $\frac{2}{3}$ so lang

sind als die Röhre. Man läßt den Haken herunter, bis er im Kästchen ankömmt, hängt dann die zu prüfenden Körper mittelst einer an ihrem Faden geknüpften Schlinge in den Haken und wickelt ihn jetzt wieder auf. Durch geringe Verrückung des Kästchens wird man leicht die aufgehängten Körper in die gerade Linie zwischen den Polspitzen bringen können, und durch Drehung der oberen Fassung hat man es in seiner Gewalt, die Gleichgewichtslage des zu prüfenden Körpers in beliebige Richtung zu bringen. Die Polspitzen müssen jedenfalls so weit abstehen, daß der zu prüfende Körper auch eine axiale Lage zwischen ihnen einnehmen kann, ohne sie zu berühren. Die Körper werden bei diesen Versuchen in Form von etwa 2 Centimeter langen Stäbchen angewendet, die entweder nur an die Coconsäden geknüpft werden, oder welche man durchbohrt und in der Bohrung aufknüpft, wo dann später das Gleichgewicht hergestellt wird. Man braucht zu diesen Versuchen außer Stäbchen aus Kupfer, Eisen, Platin, Holz zc. auch einen kleinen Rhomboeder aus Kalspath, ein Stängelchen von Turmalin und vor Allem ein Stäbchen und eine kleine Kugel aus möglichst eisenfreiem Wismuth, doch ist selbst das gewöhnliche Wismuth des Handels brauchbar. Aus Wismuth kann man leicht Stäbchen erhalten, wenn man eine etwa $\frac{1}{2}$ bis 1 Linie weite Glasröhre in das geschmolzene Wismuth steckt und nun das Metall rasch auffaßt. Die Glasröhre wird dann zerbrochen, wenn sie nicht in Folge des Wachseus des Wismuths nach dem Guß von selbst springt. Von einem solchen Stängelchen wird ein kleines Stück genommen und mit der Feile ein wenig der Kugelgestalt nahe gebracht.

Die Versuche selbst erfordern einen kräftigen Strom, doch gelingt das Herausstoßen der kleinen Wismuthkugel aus der Pollinie und die äquatoriale Stellung des Wismuthstäbchens schon bei Elektromagneten von nur einigen Centnern Tragkraft; nur muß man beim Versuche mit dem Wismuthflügelchen die Polspitzen so weit einander nähern, daß das Flügelchen nur gerade noch zwischen ihnen hängt, ohne sie zu berühren. Flüssigkeiten werden in Uhrgläsern, wie in Fig. 800, auf die Halbanker gestellt; pulverförmige Körper in dünne Glasröhrchen eingeschlossen.

Uebrigens können bei diesen Versuchen mancherlei Täuschungen unterlaufen,

Fig. 800.



welche zum Theil daher rühren, daß im Augenblick, wo die Kette geschlossen wird, in den zwischen den Polen aufgehängten Stäbchen ein momentaner Strom inducirt wird, so daß man stets die dauernde Wirkung des Magnetismus

abwarten muß. Bei eisenhaltigen Substanzen kommt auch die Art der Vertheilung des Eisens in Betracht. Für viele Versuche ist es bequem, Halbanker von der Form wie Fig. 801 (a. f. S.) zu haben. Ebenso kann man die beiden Spiralen eines Elektromagnets, wenn man sie ab dem Eisenkerne nimmt, zu anderen

hierher gehörigen Versuchen verwenden. So kann man dieselben über eine Röhre von Messing schieben, welche durch ebene Glasplatten geschlossen und

Fig. 801.



mit einer Flüssigkeit gefüllt ist, welche die Polarisationsebene eines Lichtstrahles dreht, um auch diese Erscheinung, wenn auch nur qualitativ, zeigen zu können, wenn der Unterricht überhaupt so weit geführt wird.

H. Versuche über die Electricität durch Wärme.

363 Elektrische Ströme mit einem Metalle. a. Wenn man an einen Multiplikator zwei kupferne Zuleiter schraubt, deren einer sich in eine kleine Platte endet, und diese dann durch eine Weingeistlampe erwärmt, so entsteht ein elektrischer Strom, wenn man diese erwärmte Platte mit dem kalten Ende des anderen Drahtes berührt.

b. Nimmt man einen einige Zolle langen und $\frac{1}{2}$ bis 1 Millimeter dicken Platindraht, dreht diesen gegen das eine Ende hin in eine Spirale von etwa drei oder vier Umgängen, die eine halbe oder ganze Linie weit sind, und verbindet ihn mit den beiden Zuleitern eines Multiplikators, so entsteht ein elektrischer Strom, wenn man die Spirale durch die Weingeistlampe erwärmt. Der Strom geht von der erhitzten Spirale gegen den kalten Theil des Drahtes.

c. Glüht man eine stählerne Stricknadel an einem Ende aus, verbindet sie mit den Zuleitern eines Multiplikators und erwärmt dann dieselbe an der Stelle, wo der ausgeglühte und der noch harte Theil an einander stoßen, so entsteht ebenfalls ein elektrischer Strom, der in der Nadel vom weichen zum harten Theile geht; er dauert an, wenn man mit der Lampe gegen den harten Theil fortrückt, so daß der im Feuer befindliche Theil immer glühend ist. Wird eine ganz ausgeglühte Stricknadel angewendet, so erhält man auch einen Strom, wenn man die Flamme auf gleiche Weise an der Nadel fortführt; der Strom geht hier in der Richtung, in welcher die Erwärmung in der Nadel fortschreitet.

364 Elektrische Ströme bei Anwendung verschiedenartiger Metalle. Man bedarf hierzu vor Allem zweier Elemente, das eine aus Kupfer und Wismuth und das andere aus Kupfer und Spießglanz, um das Ver-

hältniß des Kupfers wenigstens zu diesen zwei Metallen zeigen zu können. Man gießt zu dem Ende in eine Form von Papier zwei vierkantige, etwa fingerdicke und 3 Zoll lange Stäbe aus diesen beiden Metallen (für Spiegglanz muß man die Papierform etwas dick umwickeln) und feilt sie vollends rein; sodann biegt man zwei Kupferdrähte oder besser zwei Kupferstreifen jeden zweimal rechtwinklig und löthet jeden mit Zinnloth wie Fig. 802 zeigt, an eine der Stangen.

Fig. 802.



Den Streifen, der für das Wismuth bestimmt ist, muß man aber vorher mit dem Lothe verzinnen, weil das Kupfer heißer werden muß, bis das Loth darauf fließt, als das Wismuth ertragen kann. Es ist bequem, wenn man vorher in jedem Streifen, sowie auch in jeder der

Stangen Nadelspitzen befestigt, um dann kleine Magnetnadeln darauf setzen zu können.

Beim Versuche versteht man die Elemente mit Magnetnadeln und stellt beide unter sich und mit der Ebene des magnetischen Meridians parallel auf ein hölzernes Stativ, so daß eine Löthstelle von jedem über dasselbe herausragt, worauf man diese Löthstelle durch Weingeistlampen erhitzt. Man erhält sogleich eine bedeutende Ablenkung, und zwar bei beiden Elementen in entgegengesetzter Richtung.

Die Thermosäule. Da dieselbe gewöhnlich nur in Verbindung mit 365 einem Multiplicator als Thermoskop gebraucht wird, so muß sie in kleinem Maßstabe ausgeführt werden, damit sie schneller die dargebotene Temperatur annimmt. Die dazu erforderlichen Elemente werden aus Stäbchen von Spiegglanz und Wismuth — die man in eisernen Formen gießt — mit der Feile so zugerichtet, wie Fig. 803 in natürlicher Größe zeigt *); die Spiegglanz-Stäbchen müssen an den beiden Köpfen, wo die Wismuth-Stäbchen angelöthet werden sollen, vorher mit leichtflüssigem Zinnloth verzinnt werden, da sie, wie das Kupfer, das Loth

Fig. 803.



Fig. 804.



nur in größerer Hitze annehmen. Das Löthen geschieht hier übrigens nur mit dem Kolben, da Wismuth so außerordentlich leichtflüssig ist. Bei dem Löthen

*) Anstatt Wismuth empfiehlt Kollmann eine Legirung aus 1 Spiegglanz mit 32 Wismuth, und anstatt Spiegglanz 1 Zinn mit 14 1/2 Wismuth; man dürfe die Legirungen nicht stark und nicht öfter erhitzen; sie werden in Platten gegossen und zerfällt. Sicherlich sind diese Legirungen leichter zu behandeln als Wismuth und Spiegglanz.

macht man sich federnde Klammern von Draht, wie Fig. 804 (a. v. S.), und legt in die Zwischenräume der Stäbchen Holzstückchen, welche man selbst nach der Vollendung des Ganzen dazwischen lassen kann, da die Säule dadurch solider und also bis zur Fassung leichter zu behandeln wird, nur dürfen sie in diesem Falle nicht über die Lötstellen reichen. Man löthet z. B. zuerst die verticalen Schichten von je 5 Paaren und setzt diese erst zuletzt zusammen, wenn alle Schichten fertig sind. Die Endstücke der Schichten müssen aber hierfür ihre Endansätze rechtwinklig zu einander haben, wie Fig. 805. Fig. 806 zeigt die Aueinander-

Fig. 805.

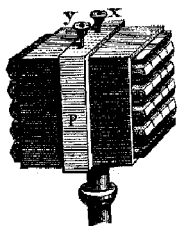


Fig. 806.



fügung der Endstücke zweier verticalen Schichten. Ist der Pack von 20 oder 25 Paaren fertig, so legt man ihn in eine runde oder vierkantige Hülse von hartem Messingblech, nachdem man auf die Mitte des ersten und letzten Stäbchens kurze Kupferdrähte gelöthet hat, welche durch zwei Oeffnungen der Hülse herausgeführt werden. Diese Oeffnungen werden behufs der Isolirungen am besten mit elfenbeinernen Hülfsen ausgefüllert, die hervorstehenden Drahtenden zur größeren Bequemlichkeit mit bleibenden Klemmschrauben versehen. Der noch übrige Raum wird mit Gyps ausgegossen, den man später wieder so weit wegkratz, daß die Köpfe der Stäbchen frei werden, und dann schwärzt. Bei feinen Stäbchen legt man zwischen dieselben gefirnissetes Papier und befestigt den ganzen Pack durch Korkstücke in die Hülse. Bei feinen Stäbchen geht es auch nicht an, die Drähte an die Enden anzulöthen, weil sie dann nicht wohl in die Hülse gebracht werden können. Man läßt dann durch das Elfenbeinfutter die Fußschrauben der kleinen Klemmschrauben hindurchgehen, so daß sie auf die Endstäbchen sich andrücken und dadurch die Verbindung herstellen. Hierbei ist es indessen zweckmäßig, an die Endstäbchen vorher Silberbleche anzulöthen, diese mit Papier zu unterlegen, und erst hierauf die Schrauben wirken zu lassen. Fig. 807 zeigt die ganze

Fig. 807.



Säule und zwar mit ihrer doppelten Hülse, weil noch ein trichterförmiger Anfas für gewisse Zwecke aufgeschoben werden muß, bald um fremde Wärmestrahlen abzuhalten, bald um Wärmestrahlen zu concentriren. Dieser trichterförmige Anfas muß innen polirt sein und nicht, wie man es wohl auch antrifft, geschwärzt; er muß einen leicht aufschiebbaren Deckel haben, so wie man auch noch ein gleich weites, innen geschwärztes Rohr hat, gleichfalls mit einem Deckel versehen, welches ebenfalls auf die Hülse der Säule paßt. Da alles dieses leichter zu machen ist, wenn die Hülfsen, in welche die Säule ein-

geschlossen ist, rund sind, so giebt man ihnen gewöhnlich diese Form und versteht sie zugleich mit einem Stiele, der in ein Stativ paßt, in welchem er verschieden hoch gestellt werden kann. Fig. 808 zeigt einen solchen Apparat mit allen seinen Theilen. Anstatt der metallenen Deckel kann man auch solche aus Pappe verwenden. Daß das Stativ auch von Holz sein kann und dann nur weniger zierlich wird, versteht sich von selbst. In Fig. 808 hat das Stativ eine geschlitzte

Fig. 808.

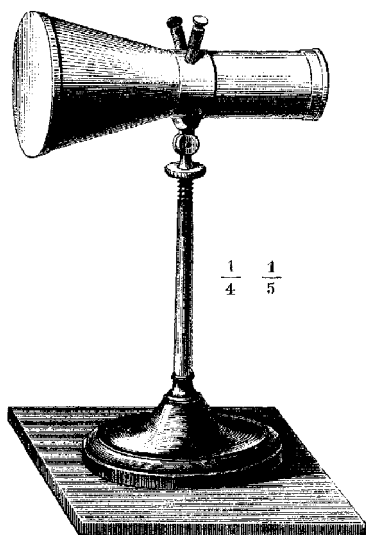


Fig. 809.



Röhre, ist aber mit einer etwas konischen Schraube versehen, auf welche eine ringförmige Mutter paßt, durch deren Anziehen der Stiel der Thermosäule festgeklemmt wird. Fig. 809 zeigt diese Einrichtung vergrößert. Als Zuleiter wählt man am besten spiralförmig gewundene Kupferdrähte, weil diese nachgiebig genug sind, um den Apparat vor Umreißen durch einen unvorsichtigen Ruck zu schützen. Solche Zuleiter sind auch in manchen anderen Fällen zu empfehlen. Zu dieser Arbeit muß man aber wohl ein Stück Geduld mitbringen, denn das Löthen dieser dünnen Stücke ist eine müßliche Sache; läßt man sie löthen, so muß man aber jedenfalls dabei bleiben, damit die Ordnung nicht verletzt wird. Da manches Stäbchen, namentlich von Spiegellanz, dabei zerbricht, so muß man daher gleich von Anfang für reichlichen Vorrath sorgen. Will man nicht gerade auf größte Empfindlichkeit sehen, so kann man Stäbchen von etwa 4 Quadratlinien Querschnitt nehmen, wodurch die Sache sehr leicht ausführbar wird; sehr empfindliche Apparate wird man doch wohl lieber fertig kaufen. Beim Gebrauche muß stets ein Multiplikator mit wenig Windungen

und dickerem Drahte angewendet werden, übrigens kommen die Anwendungen erst bei der Lehre von der strahlenden Wärme vor. Hierher gehört nur die Einrichtung und Wirkung des Apparates.

Für das Maximum der Wirkung wird natürlich auch hier der Widerstand in der Schließung der Kette, jenem in der Kette gleich sein müssen und man wird von dickerem Drahte — bis 1,5 Millimeter dick — schon einige 100 Windungen nehmen können, besonders, wenn man je 100 für sich mit Klemmschrauben versteht (§. 318). Bei den Versuchen mit dem Thermomultiplicator können schwere Magnethadeln verwendet werden. Kirchhof hat auf dem Verbindungsstücke der Nadeln — seine Einrichtung weicht jedoch in einigen Punkten ab — einen kleinen Concavspiegel angebracht und an diesem das Nadelsystem an sehr langem Faden aufgehängt. Das Licht eines in einer Bunsen'schen Gaslampe glühenden Platindrahtes fällt auf diesen Spiegel und das Bild des Drahtes wird auf eine in passender Entfernung befindliche große Scale geworfen, so daß ein ganzes Auditorium den Erfolg der Versuche beobachten kann.

Siebentes Capitel.

Versuche über die Wärme.

A. Versuche über die Ausdehnung der Körper.

366 Auf der Lehre von der Ausdehnung der Körper beruhen die Thermometer. Da man deren so oft bedarf und da trotz aller Vorsicht doch manchmal eins zu Grunde geht, so findet man um so mehr Veranlassung, sich mit deren Anfertigung zu beschäftigen, als gute Thermometer ziemlich theuer sind. Das Wesentliche ihrer Verfertigung ist in dem Folgenden enthalten.

367 **Verfertigung von Thermometern.** a) Wahl der Glasröhren. Man bezieht dieselben von den Glashütten und läßt sich aus den 15 bis 20 Fuß lang gezogenen Röhren nur die mittleren 5 bis 6 Fuß senden, wenn man von diesen auch das Pfund etwas theurer bezahlen mußte; sie werden unmittelbar nach der Anfertigung in ungefähr $1\frac{1}{2}$ bis 2 Fuß lange Stücke zerschnitten und sogleich an beiden Enden zugeschmolzen. Glasröhren mit flachem Canale haben für den gewöhnlichen Gebrauch der Thermometer leicht erkennbare Vorzüge, allein wo es sich um Anfertigung eines genauen Thermometers handelt, würde ich stets die runden Öffnungen vorziehen, weil sie sicherer zu kalibriren sind. Diese

legtere Arbeit geschieht in der Art, daß man durch Saugen eine Quecksilbersäule von etwa 1 Zoll Länge in die Röhre bringt, und dann durch gelindes Stoßen der Röhre dieses Quecksilber nach und nach durch die ganze Röhre hindurch führt, während man die Länge desselben mit seiner auf dem Papier gezeichneten anfänglichen Länge stets sorgfältig vergleicht. Hat man irgend ein Stück der Röhre gleich weit gefunden, und wären es auch nur 3 Zoll, so wird es durch umgebundenen gewickelten Faden bezeichnet und später so ausgebrochen, daß das bei dem Aufblasen der Kugel verloren gehende Glas aus dem ungleich weiten Theile genommen wird. Man wird nämlich bei diesem Versuche bald die unangenehme Erfahrung machen, wie selten gleichweite Thermometerröhren sind. Für den gewöhnlichen Thermometermacher hat dies nichts zu bedeuten, die guten Röhren legt er für genaue Thermometer bei Seite, und aus den weniger guten werden die zahllosen Zimmerthermometer gefertigt, die ja ohnehin nur bis etwa + 30 R. richtig zu sein brauchen und bis dahin nach einem Normalthermometer graduirt werden. Auch für den Physiker sind diese Röhren nicht ganz verloren; abgesehen von mannigfaltiger anderer Verwendung, versertigt man von den weniger guten Röhren Thermometer für den gewöhnlichen Gebrauch, die man nach einem Normalthermometer untersucht und auf einem daran befestigten Zettel oder auf andere Weise bemerkt, innerhalb welcher Grenzen dieselben richtig sind.

Bei dem Aufsaugen der Probensäule von Quecksilber kommt gern Feuchtigkeit in die Röhre, und sie ist fast nicht mehr herauszubringen; das einzige Mittel, welches noch einigen Erfolg hat, besteht darin, daß man nach dem Aufblasen der Kugel zugleich die ganze Röhre, ausschließlich der Kugel, recht erhitzt und dann erst auch die Kugel erwärmt, wo dann die aus der Kugel austretende Luft den Wasserdampf fortreibt. Sollte eine andere Unreinigkeit in eine Thermometerröhre gekommen sein, so gebe man dieselbe nur sogleich verloren. Um das Eintreten von Feuchtigkeit in die Thermometerröhre zu verhüten, bindet man an das eine Ende derselben einen Kautschukbeutel, drückt diesen zusammen, steckt die Röhre in Quecksilber und überläßt es der Elasticität des Beutels etwas Quecksilber aufzusaugen, was aber bei feinen Röhren nicht geht.

b) Bearbeitung der Röhre. Nachdem die Röhre einerseits verschlossen und aufgestaut ist, wird an das Ende eine Kugel nach der in dem betreffenden Abschnitte gegebenen Anweisung aufgeblasen, wobei man sorgfältig verhüten muß in die Röhre Feuchtigkeit zu bringen. Da aber dieses bei aller Sorgfalt dennoch manchmal geschieht, so ist es zweckmäßiger, die Röhre beiderseits zu verschließen, sie zuerst der ganzen Länge nach heiß zu machen, dann aber das eine Ende in die Flamme zu bringen und durch die Elasticität der Luft eine kleine Kugel aufzutreiben. Man öffnet sodann die Röhre am anderen Ende, verschließt sie nach dem Erkalten wieder, erhitzt sie von Neuem, der ganzen Länge nach, um

die Kugel noch mehr aufzutreiben. Ist diese etwa 2 Linien weit, so richtet man das Feuer auf das Ende der Kugel, um diese vorn plagen zu machen, worauf die Oeffnung durch ein Eisenstäbchen erweitert und durch Zusammenschmelzen der Lappen, welche durch das Aufplatzen entstanden, verstärkt wird. Es wird nun eine ziemlich dünnwandige, etwa 1 bis $1\frac{1}{2}$ Linien weite Glasröhre hier angeschmolzen und die Schweißstelle etwas aufgeblasen. Nun erst staucht man das andere Ende und bläst die Kugel auf, wobei nun keine Feuchtigkeit in die Thermometerröhre kommt. Die fertige Röhre hat jetzt die Gestalt wie Fig. 810, und ist zugleich auf das Zweckmäßigste zur Füllung vorbereitet. Man



kann die erste Kugel auch durch einen angebundenen Kautschukbeutel aufblasen. Einige blasen auch durch einen solchen die Thermometer-Kugel selbst auf, um das Eindringen von Feuchtigkeit zu verhüten.

Was die Größe der Kugel betrifft, so ließe sich dieselbe aus dem Gewichte und der Länge der behufs des Kalibrierens in die Röhre gebrachten Quecksilbersäule, sowie aus der Länge der Thermometerröhre, dem verlangten Umfange der Skale und der Ausdehnung des Quecksilbers berechnen; allein es ist viel zweckmäßiger, durch Vergleichung fertiger Thermometer sich hierin einigens Augenmaß zu erwerben.

Wenn die Röhre eine Kugel von mehr als 4 bis 5 Linien Durchmesser erforderte, so müßte ein Cylinder angeschmolzen werden, wozu man die Röhre erst einerseits verschließt und wie oben eine Röhre von 3 bis 4 Zoll ansetzt, nur wird die Schweißstelle gar nicht oder nur ganz schwach aufgeblasen. Nachher erst schnitzelt man den überflüssigen Theil der Röhre ab. Man schnitzelt auch manchmal an starke Thermometerröhren — 5 bis 8 Millimeter dicke — Cylinder von gleicher Weite, um das fertige Thermometer durch Kort oder andere enge Oeffnungen stecken zu können, wobei dann die Skale auf die Thermometerröhre geätzt wird.

c) Das Füllen. Man nimmt durch Schütteln mit verdünnter Salpetersäure gereinigtes und nachher wieder mit Wasser ausgewaschenes und mit Filzpapier getrocknetes Quecksilber, das man vorher durch Kochen von Luft befreit. Hat man nicht, wie soeben angeführt wurde, eine weitere Röhre angeschmolzen,

Fig. 811. so nimmt man einen kleinen Glastrichter oder eine wie Fig. 811 unten verengte, etwa 3 Linien weite Glasröhre, umwickelt das Ende der Thermometerröhre mit Papier und steckt sie fest in die Röhre des Trichters. Das Quecksilber wird noch warm durch einen Papiertrichter (S. 76, 4) in den Glastrichter gefüllt und sodann die ganze Röhre nebst der Kugel über einer Weingeistlampe erhitzt, wodurch Luft ausgetrieben wird und dafür beim Erkalten Quecksilber in die Kugel tritt. Erhitzt man nun zum zweiten Male



die Röhre und bringt darauf das Quecksilber in der Kugel ins Kochen, so wird dadurch beinahe alle Luft aus der Kugel entfernt. Darum darf man jetzt auch die Kugel nur langsam von der Flamme entfernen, weil sonst das hineinstürzende Quecksilber dieselbe zerschlagen könnte. In der Regel wird auch jetzt noch eine kleine Luftblase da zurückbleiben, wo die Kugel an der Röhre sitzt; allein man läßt nun das Thermometer erkalten, damit die Kugel möglichst viel Quecksilber aufnehme. Später erwärmt man das Thermometer von Neuem in senkrechter Lage, wobei durch die Ausdehnung des Quecksilbers in der Kugel die Luftblase durch die Röhre hinaufgetrieben wird; sowie man vermuthet, daß auch das Quecksilber unter der Blase das Ende der Röhre erreicht habe, entfernt man das Feuer und giebt Achtung, ob etwa die Luftblase sich wieder in die Röhre zurückziehen will. Wäre dieses der Fall, so erwärmt man etwas stärker und rührt ein wenig im Quecksilber an der Oeffnung der Thermometerröhre mit einer Stricknadel. Viel leichter geht alles dieses mit der angeschmolzenen Röhre Fig. 810, in welcher selbst das Quecksilber vor dem Füllen ausgekocht wird, und wo man die Luftblasen nie aus dem Auge verliert. Sollte, was doch mitunter der Fall ist, ein nadelfeines Luftbläschen zurückbleiben, so hätte dieses nichts zu sagen, wenn es nur in der Kugel wäre; allein es dürfte nicht so groß sein, daß man dasselbe schon vor dem Verschlusse der Röhre bemerken kann, weil es sonst bei Entfernung des äußeren Luftdruckes zu groß würde. So oft man die Röhre erkalten läßt, sollte man auch das Quecksilber in der weiten Röhre wieder vorher auskochen, ehe man die Kugel wieder erwärmt.

Manchmal giebt es kein anderes Mittel, ein Bläschen aus der Röhre zu entfernen, als daß man an dieser Stelle die Röhre erhitzt, bis sich der Faden ganz trennt, und dann rasch auch die Kugel erwärmt, um so die Blase so lange aufwärts zu treiben, bis sich das Quecksilber beim Bläschen wieder vereinigt. Man läßt dann erkalten und fängt dasselbe Verfahren nochmals an, vorausgesetzt, daß das Bläschen am Glase hängen bleibt und das Quecksilber an ihm vorbeigeht; anderenfalls muß man die Röhre an der neuen Stelle wieder erhitzen und das Bläschen bis in die weite Röhre zu treiben suchen.

Nach vollständiger Erkaltung der Röhre wird das Quecksilber aus dem Trichter ausgegossen und durch Erwärmung der Kugel auch ein oder zwei Tröpfchen aus der Röhre entfernt, um durch einen vorläufigen Versuch zu ermitteln, wie lang 10 Grade auf dem Thermometer werden, worauf man sich entschließt, auf welche Weise man die vorhandene Länge des Thermometers benutzen will. Gewöhnliche Thermometer sollten bis 30° oder 40° C. unter Null gehen, allein man wird vielleicht in einem und dem anderen Falle zufrieden sein müssen, wenn das Thermometer auch nur etwa 5 Grade unter Null geht, um entweder den Siedepunkt noch zu erreichen, oder ihn bedeutend überschreiten zu können, was geschehen kann bis zu 360° C. Je nach diesen Umständen wird man nun an

die Röhre ein Zeichen machen, bis wohin die gegenwärtige Lufttemperatur kommen soll, um darnach durch weitere Erwärmung noch mehr Quecksilber zu entfernen, oder, was freilich unangenehm ist, das entfernte wieder zu ersetzen. Letzteres geschieht dadurch, daß man abermals ausgekochtes Quecksilber in den Trichter bringt und das Thermometer soweit erhitzt, daß sich das Quecksilber der Röhre mit jenem im Trichter wieder vereinigt, worauf man von Neuem anfangen muß das Quecksilber auszutreiben. Bei einem aufgeschmolzenen Trichter kann man mittelst eines fein ausgezogenen Glasröhrchens ein beliebig großes Tröpfchen Quecksilber in denselben und auf die Oeffnung der Röhre bringen, um es zuzusetzen.

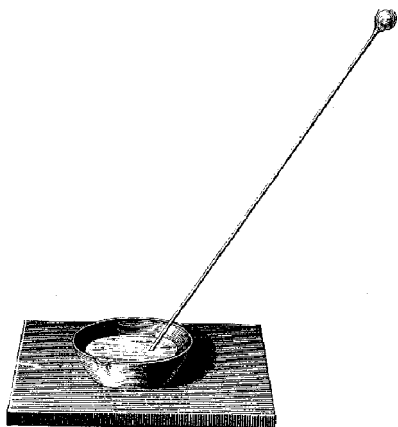
Außer Quecksilber nimmt man, den Weingeist ausgenommen, jetzt keine anderen Flüssigkeiten zu Thermometern, und auch den Weingeist nur für solche Thermometer, welche einer größeren Kälte ausgesetzt werden sollen, als sie das Quecksilber erträgt. Die Röhren werden hierfür weiter, bis $\frac{1}{2}$ Millimeter weit, genommen, da man sonst den Weingeistfaden nicht gut sehen würde, obwohl man ihn gewöhnlich mit Fernambuk oder Cochenille roth färbt. Um Cochenilletinctur zu machen, wird die Cochenille in einer Porcellanschale fein zerrieben, sodann mit Weingeist zu einem Brei gemacht und dieser noch längere Zeit fein abgerieben. Man setzt dann mehr Weingeist und etwas Weniges Schwefelsäure zu, rührt die Masse gut auf, läßt sie etwas absetzen und gießt dann auf ein Filter. Der Rest wird nochmals mit Weingeist ausgewaschen und dann die zurückbleibenden bleigrauen Schüppchen *) entfernt. Was sich auf dem Filter sammelt, wird nochmals in die Reibschale genommen, von Neuem gerieben u. s. f., so lange dasselbe hinlänglich gefärbte Flüssigkeit giebt. Man erhält von einem Quentchen immerhin 1 Pfund Tinctur. Auf gleiche Weise verfährt man, wenn man wässertgen Auszug bereiten will. Doch setzt Cochenille geru Farbstoff ab, darum nimmt man vorzugsweise Fernambuk zum Färben des Weingeistes. Das Füllen geschieht auf gleiche Weise wie beim Quecksilber, nur kann hier von keinem mit Papier aufgesteckten Trichter die Rede sein. Schmilzt man hier keine weitere Hülfsröhre an, so wird die Röhre sogleich in eine Spitze ausgezogen und diese nach dem Erhitzen der Kugel in eine Schale mit dem schwach ausgekochten Weingeist von etwa 60 bis 70 Proc. gekenkt, wie Fig. 812 zeigt.

d) Das Schließen der Röhre. Wenn der Quecksilbergehalt regulirt ist, schmilzt man die weitere Röhre ab und zieht dabei die Thermometeröhre in eine ziemlich feine Spitze aus; letzteres geschieht auch, wenn nur ein Trichter aufgesetzt wird. Das Thermometer wird nun erwärmt, bis ein Tröpfchen Quecksilber an der nadelfeinen Spitze der Röhre zum Vorschein kommt, worauf man

*) Meist Verfälschung mit metallischem Blei bis zu $\frac{1}{4}$ des Gewichts.

die Kugel aus dem Feuer und die Spitze hinein bringt, wo sie schnell zuschmilzt, besonders wenn man das Löthrohr anwendet; das Quecksilber zieht sich jetzt zurück und der Raum über demselben wird luftleer, worauf man durch weiteres

Fig. 812.



Schmelzen das Ende der Röhre abrundet und, wenn das Thermometer auf eine flache Skale von Holz oder Metall befestigt werden soll, etwas umbiegt, wie Fig. 813. Sollte nach dem Verschuß durch eine Luftblase sich der Quecksilberfaden trennen, so kann man das Thermometer an einem 3 bis 4 Fuß langen Bindfaden im Kreise herumschwingen; durch die Centrifugalkraft wird, wenn die Röhre nicht zu enge ist, das Quecksilber wieder vereinigt und die kleine Luftblase kommt über dasselbe, wo sie

nichts schadet. Sehr enge Röhren müssen meistens wieder geöffnet werden.

Luft in dem Thermometer zu lassen, mit oder ohne Erweiterung am oberen

Fig. 813.



Ende, ist durchaus verwerflich. Gerade so nämlich, wie der Druck der äußeren Atmosphäre beim luftleeren Thermometer durch Zusammendrücken der Kugel das Steigen des Gefrierpunktes veranlaßt, wodurch man genöthigt wird, diesen erst längere Zeit (2 bis 3 Monate) nach der Verschließung des Thermometers zu bestimmen, gerade so bringt die im Thermometer eingeschlossene Luft, wenn sie beim Steigen des Thermometers wieder die Dichtigkeit der äußeren Luft erreicht oder gar noch zusammengedrückt wird, ein Sinken des Siedepunktes hervor und macht schon vorweg seine Bestimmung unrichtig.

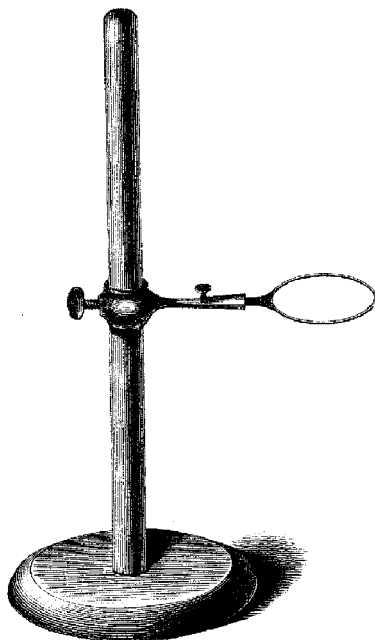
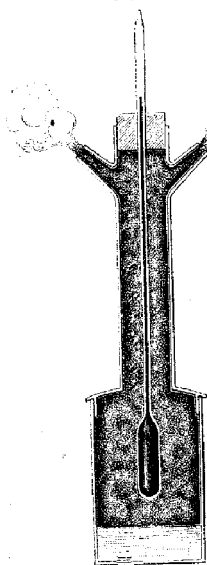
Auch Weingeistthermometer werden luftleer gemacht, sie halten den Siedepunkt des Wassers doch aus, indem die gebildeten Weingeistdämpfe das Sieden des Weingeistes hindern, wenn nur die Kugel nicht gar zu schwach im Glase ist. Sollten hier Blasen entstehen, welche die Weingeisthäute trennen, so lassen sie sich bei der bedeutenden Weite der Röhre durch Schwingen sehr leicht in den oberen leeren Theil der Röhre schaffen.

e) Bestimmung der festen Punkte. Der Nullpunkt wird bestimmt, indem man das Thermometer in ein Gemenge aus fein gestoßenem Eis oder

besser aus Schnee und wenig Wasser so tief einsetzt, als das Quecksilber in der Röhre steht; man bindet vorher einen gewichsten Seidenfaden um die Röhre, den man dann so verschiebt, daß dessen unterer Rand den Gipfel des Quecksilbers tangirt, wenn dasselbe sich nicht mehr senkt; später bezeichnet man diese Stelle mit dem Schreibdiamant (Kräzer). Gut ist es, wenn hierbei die äufere Temperatur selbst nur wenige Grade über Null steht. Der Siedepunkt wird in einem metallenen Gefäße, wie Fig. 814, bestimmt, dessen langer Hals, für das Entweichen des Dampfes, zwei Seitenöffnungen, dessen mittlerer Theil aber eine nur so weite Oeffnung hat, daß jede Thermometerröhre mit einem umgebundenen Faden ohne Anstoß durchgeschoben werden kann. Diese Oeffnung befindet sich am besten in einem Deckel, der an das Thermometer geschoben und mit diesem erst dann auf das Gefäß kommt, wenn das Wasser bereits einige Zeit gesotten hat; das Thermometer muß dabei nahe an das siedende Wasser reichen. Ein solches Gefäß wird unterhalb aus einem Stück von Kupfer oder Messing gemacht und der obere, nicht nothwendig engere Theil wird dann mit Zinn eingelöthet und mittelst seines vorstehenden Randes auf den Ring eines Gestelles gesetzt, wie Fig. 815, dessen man ja zu so vielen

Fig. 815.

Fig. 814.



Arbeiten bedarf *). Die Erhitzung geschieht durch die Weingeist- oder Gasflamme. Indem man nun die Thermometerröhre öfter aus dem Gefäße etwas hervorzieht, verschiebt man mit einem Stäbchen den vorher umgebundenen Seidenfaden auch hier an den Gipfel der Säule und bezeichnet nachher, wenn sich die Stellung des letzteren gehörig constant gemacht hat, die Stelle mit dem Diamant. Man kann übrigens die Bestimmung des Siedepunktes auch in einem weithalsigen Glascolben vornehmen, wenn man einen spirallig gewundenen Draht in das darin befindliche Wasser bringt und in die Oeffnung einen Kork einsetzt, der außer einer Oeffnung für das Thermometer noch eine für eine gebogene Glasröhre hat, durch welche der Dampf abgeleitet wird, Fig. 816.

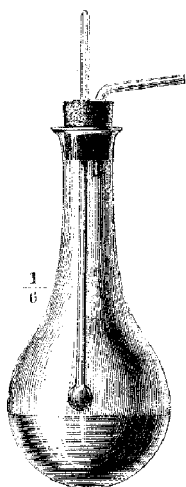
Bei der Bestimmung des Siedepunktes muß der Luftdruck beobachtet werden, indem man die Siedepunkte der Thermometer auf 76 Centimeter oder 336,9

Pariser Linien Barometerstand reducirt. Man müßte für diese Correctur eine Tabelle haben über die Spannkraft der Wasserdämpfe bei verschiedenen Temperaturen. Allein da die Barometerstände nicht so sehr verschieden sind, so genügt es zu wissen, daß das Wasser bei 70,7 Centimeter Barometerstand schon bei 98° C., bei 73,3 Centimeter aber bei 99° C. kocht, indem man die zwischenliegenden Barometerstände den Temperaturen proportional nimmt. Wäre demnach der Barometerstand bei Bestimmung des Siedepunktes 72,5 Centimeter gewesen, so würde an den gefundenen Siedepunkt nicht 100, sondern 98,7 zu setzen kommen, also auch der Zwischenraum zwischen diesem Punkte und dem Gefrierpunkte entsprechend getheilt werden. Noch kürzer und für die meisten Zwecke überaus genau genug ist das Verfahren, für je 1 Millimeter, um welchen das Barometer tiefer steht als 76 Centimeter, 0,0378° C. von 100 abzugeben, um zu finden, welche Zahl an den beobachteten Siedepunkt zu

schreiben ist; für jede Pariser Linie Differenz von 336,9 beträgt dieses 0,0881° C. Bei diesen Reductionen ist eigentlich vorausgesetzt, daß der beobachtete Barometerstand auf 0° C. reducirt sei. Nach Egen kann man die Correctur so machen, daß man für jede Pariser Linie, um welche das Barometer bei der Bestimmung des Siedepunktes unter 28 Zoll stand, den Siedepunkt um 0,001 des für beide festen Punkte gefundenen Abstandes höher hinauf rückt, was

*) Die verschiebbare Hülse kann auch eine dreikantige Höhlung haben und der Stiel doch rund sein; immer aber muß die Schraube auf ein Blech und erst dieses auf das Holz des Stieles drücken.

Fig. 816.



dem Barometerstand einen etwas größeren Einfluß giebt als die oben angegebene Bestimmung, doch wird der Unterschied zwischen beiden Berechnungsarten nicht leicht 0,2 Celsus erreichen.

Von einer Bestimmung der festen Punkte mit Rudberg'scher Genauigkeit kann hier keine Rede sein.

f. Skalen. Am zweckmäßigsten ist es für den gewöhnlichen Gebrauch, die Skale auf Papier zu zeichnen, und zwar die hunderttheilige und achtzigtheilige neben einander, wozu man die Theilmaschine Fig. 151 benutzen kann, oder in Ermangelung derselben mit einem feinen Zirkel die Theilung von der Hand macht. Diese Skale wird dann über eine Thermometerröhre gerollt und in eine etwa bleistiftdicke Glasröhre geschoben, an der unterhalb bereits eine gläserne Haste von der Weite der Thermometerröhre, wie *a*, Fig. 817, angebracht ist. Durch diese Haste wird das Thermometer bis an die Kugel geschoben, sodann der Papiersreifen, an welchem oben und unten bereits Siegellacktröpfchen sich befinden, ebenfalls mit seinen festen Punkten den festen Punkten der Röhre gegenüber gebracht, und dann die Röhre bis zum Schmelzen des Siegellacks erwärmt. Oberhalb schmilzt man dann auch die Röhre zu und vereinigt ihr ausgezogenes

Fig. 817. Fig. 818. Ende mit einer bei *b* vorher an das Thermometer geschmolzenen Verlängerung. Man darf hier die Röhre für die Skale nicht zu weit nehmen, weil sonst die Masse des Thermometers zu sehr vergrößert wird, was nachtheilig ist, wenn man dasselbe in nur kleine Portionen Flüssigkeit zu tauchen hat, ein Umstand, der noch, außer der größeren Empfindlichkeit an sich, für die Wahl enger Thermometerröhren überhaupt spricht. Manchmal wird auch die Thermometerröhre sammt der Skale in eine weitere Glasröhre eingeschmolzen, so daß nur die Kugel hervorsteht, wie in Fig. 818; es ist dieses eine sehr schwierige Arbeit und mag wohl für manche gewerbliche Zwecke sehr gut sein, um das Thermometer besser vor dem Zerbrecen zu schützen, kann aber wohl nie genaue Arbeit zulassen.



Macht man die Skale auf Holz, Messing oder Elfenbein, so erhält dieselbe oben ein kleines Loch, in welchem der Haken, Fig. 813, gerade unten aufsitzen muß, wenn die Skale die rechte Lage gegen die Röhre hat. Bei

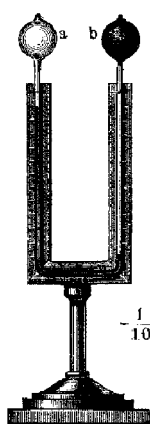
Elfenbein kann man die Striche mit Tusche einschwärzen und dann die Skale noch einmal mit Glas abziehen. Messing erwärmt man und überzieht es mit schwarzem Siegellack; nach dem Erkalten wird die Skale nochmals mit Wasser geschliffen, bevor man sie mit Schellack firnißt oder kalt versilbert.

Die Skalen der Weingeistthermometer stimmen unter 0 schon genau genug mit dem Quecksilber, allein über 0 muß man sich einer eigenen Reductionstabelle bedienen, wenn man die Skale des Weingeistthermometers nicht etwa von 10 zu 10 Grad nach einem Quecksilberthermometer reguliren will.

g) In Glas geätzte Skalen. Für manche Zwecke ist es wünschenswerth, daß die Skale auf die Thermometerröhre selbst gezeichnet sei. Wollte man die Striche mit dem Diamant machen, so würde die Röhre dadurch gebrechlicher, und es gehört hierzu auch viele Übung; darnach ätzt man die Skale besser durch Flußspathsäure; sie wird zuerst auf Papier gezeichnet und dann mittelst des Stangenzirkels auf die in §. 32 erläuterte Weise auf das Glas übertragen und geätzt.

Das Differentialthermometer von Leslie. Man bläst an zwei Thermometerröhren, deren Weite 1 bis $1\frac{1}{2}$ Millimeter beträgt, zwei nahezu gleiche Kugeln von 2 bis 3 Centimeter Durchmesser; die eine der Röhren sollte calibriert sein. Sie werden dann so lang genommen, daß die calibrierte den einen verticalen Schenkel von Fig. 819, die andere aber den anderen nebst dem

Fig. 819.



Querstück giebt, worauf man sie zusammenschmilzt; an irgend einer Stelle des horizontalen Theiles erhitzt man die Röhre in der Stichtlampe und zieht sie durch ein angelegtes spitziges Glasstäbchen in eine kurze Spitze aus, die man dann öffnet. Die Röhren werden umgebogen, wie die Figur zeigt; sodann durch Erwärmen der Kugeln mit so viel verdünnter, durch Carmin gerötheter Schwefelsäure gefüllt, als der Raum der nicht calibrierten Röhre und das Mittelstück etwa fassen, worauf man die Spitze zuschmilzt und die Röhre auf ein Stativ befestigt, welches für den calibrierten Schenkel eine in Linien getheilte Skale hat; ist die Röhre nicht calibriert, so kann man beiden Schenkeln Skalen geben. Man vertheilt durch Erwärmen der einen oder der anderen Kugel die Luft im Instrumente so, daß die Flüssigkeit in beiden Schenkeln ungefähr gleich hoch steht, wenn beide Kugeln die gleiche Temperatur haben. Die eine Kugel b wird mit Tusch geschwärzt,

wenn sie strahlender Wärme ausgesetzt werden soll. Obwohl man allerdings die Skale dieses Instrumentes in Relation mit dem Quecksilberthermometer bringen kann, so bedient man sich desselben doch gewöhnlich nur als Thermoskop. Mitunter steht der Nullpunkt der Skale in deren Mitte, und dann muß auch die Flüssigkeit in beiden Schenkeln gleich hoch stehen, wenn sie gleiche Temperatur haben. Noch empfindlicher werden solche Instrumente, wenn man als Flüssigkeit gefärbten Weingeist anwendet und sie durch Auskochen ziemlich luftleer macht.

369 Rutherford's Maximum- und Minimumthermometer.

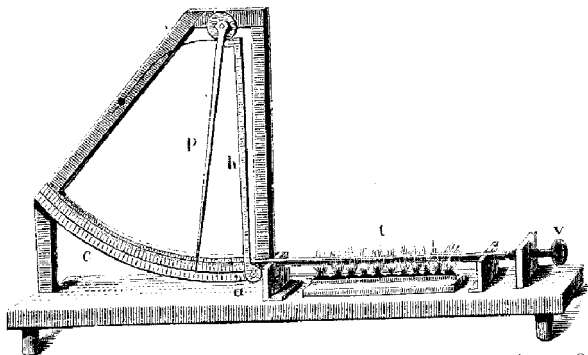
Zur Anfertigung des Quecksilber- sowohl als des Weingeistthermometers nimmt man weitere Röhren, als sie sonst zu Thermometern üblich sind, und zwar zum ersteren eine Röhre von etwa $\frac{1}{2}$ bis $\frac{2}{3}$ Millimeter, zum letzteren eine von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Millimeter Weite. Die Thermometer erhalten gewöhnlich nur eine Stakelänge von -30 bis zu $+30$ Graden Reaumur, und werden nach einem Normalthermometer graduirt. Statt des Stahlstiftes dürfte beim Maximumthermometer ein hölzernes Stifichen vorzuziehen sein, weil es vorkommt, daß die Stahlstifte nach längerer Zeit Adhäsion zum Quecksilber zeigen und dann natürlich ihre Dienste nicht mehr thun können. Der Glasstift im Weingeistthermometer besteht aus einer dünnen, schwarzen Glasröhre, die man an beiden Enden etwas aufbläst, oder vielmehr durch die eingeschlossene Luft auf- treiben läßt und so richtet, daß sie in Weingeist nur noch langsam unter sinkt. Fig. 820 zeigt einen solchen Stift zweimal vergrößert.

Fig. 820.



- 370 **Ausdehnung der festen Körper.** Man verwendet hier häufig sogenannte Pyrometer und versteht darunter Instrumente, wo eine Metallstange an einem Ende befestigt wird und am anderen Ende sich gegen ein Hebelsystem stützt oder in eine gezahnte Stange eingreift, welche mit einem Räderwerke in Verbindung steht. Ersteres ist vorzuziehen; Fig. 821 zeigt ein solches und die

Fig. 821.



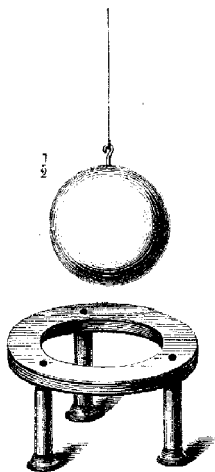
Art der Erhitzung durch eine Weingeistlampe mit vielen Dochten. Allein ein solches Instrument kann nie die Größe der Ausdehnung messen, aus Gründen, die wohl nicht erörtert werden müssen; es kann nur das Factum der Ausdehnung überhaupt darthun *). Um dieses zu zeigen, hat man aber gewöhnlich eine

*) Messende Versuche über die Ausdehnung der Körper, seien sie fest oder flüssig,

Kugel, die mit einem Häfchen versehen ist und kalt knapp durch einen dazu gehörigen metallenen Ring geht; wird sie erwärmt, so geht sie nicht mehr durch. Man kann sich leicht einen solchen Körper drehen, da er nicht gerade eine vollkommene Kugel sein muß, wenn nur das Häfchen in der Richtung der Drehungsaxe angebracht ist. Der Ring erhält drei Füße, Fig. 822.

Um die ungleiche Ausdehnung verschiedener Metalle zu zeigen, nietet man einen etwa $\frac{1}{2}$ Zoll breiten, 1 Fuß langen und $\frac{1}{2}$ Linie dicken Streifen von

Fig. 822.



Eisen mit einem gleichen Streifen von Messing oder Zink mittelst von halb zu halb Zoll gesetzter Nieten zusammen oder löthet sie zusammen, Fig. 823. Ist der so zugerichtete Streifen bei gewöhnlicher Temperatur gerade, so krümmt er sich sehr merklich bei nur mäßiger Erhitzung über der Wein- geistlampe. Daß ein vorher gerader Streifen krumm geworden sei, ist leichter zu beobachten, als daß ein krummer weniger krumm geworden sei; darum ist das Nieten dem Löthen vorzuziehen, obwohl es umständlicher ist, weil man beim Löthen Streifen erhält, welche bei gewöhnlicher Temperatur ansehnlich krumm sind.

Wollte man zur Demonstration ein Kospendel aus Eisen und Zink verfertigen, so müßten die Zinkstangen $\frac{7}{11}$ oder nach Anderen 0,75 der Pendellänge vom Aufhängepunkte bis zum Mittelpunkt der Linse haben, wobei also ein Paar Zinkstangen ausreicht. Die Stangen könnten mit Ausnahme der mittleren, welche die Linse trägt und welche mit einer Schraube in das letzte obere Querstück eingelassen sein muß, alle in den Querstücken ver-

Fig. 823.



nietet werden, wodurch die Arbeit sehr einfach wird. Die Linse fertigt man aus auf einander gerichteten und mit Silber verlötheten Kugelsegmenten von Messing, in welche man durch eine mittlere Oeffnung der einen Schale Blei

eignen sich nicht für den Unterricht, da man dabei, selbst wenn man wollte, nicht alle erforderlichen Vorrichtungen beobachten kann, ganz abgesehen von dem Zeitverlust. Solche Versuche führen daher immer zu mehr oder weniger abweichenden Resultaten, und man verliert von Neuem Zeit, um die Gründe dafür zu entwickeln.

gießt, worauf man sie auf der Drehbank abbrehen kann. Es ist am einfachsten, dieselben horizontal an die Stangen zu stecken und also im Centrum der beiden Schalen zu durchbohren. Anfertigung von genauen Compensationspendeln zu bestimmtem Zeitmaße übersteigt die Zwecke dieses Buches. Für die Demonstration der Compensation der Taschenuhren dient am besten irgend ein Hemmungsmodell, wie sie schon bei den Pendelversuchen beschrieben sind, welches man mit compensirter Unruhe versehen läßt.

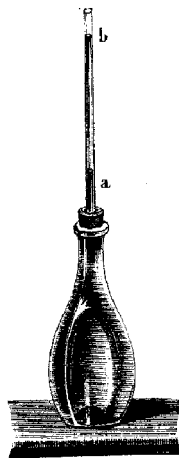
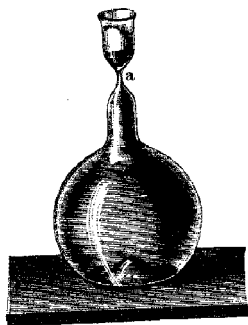
Die Anfertigung von Metallthermometern ist eine sehr schwierige Arbeit, und nur zu häufig sind jene, welche man selbst aus sonst guten Werkstätten bezieht, unrichtig, meistens aber für beinahe jeden Gebrauch zu träge, weil sie sich unter Glas befinden.

371 Wachsen nach dem Gusse. Wismuth hat die Eigenschaft, nach dem Festwerden alsbald ein größeres Volumen anzunehmen. Man kann dieses leicht zeigen, wenn man geschmolzenes Wismuth in eine Glasröhre aufsaugt oder eingießt. Die Röhre springt nach dem Erstarren des Wismuths in allen Richtungen. Einige Legirungen des Wismuths haben die gleiche Eigenschaft.

372 Ausdehnung tropfbar flüssiger Körper. Wollte man sich nicht damit begnügen, hierbei auf die Erscheinung am Quecksilber- oder Wein-geistthermometer hinzuweisen, sondern das Factum der Ausdehnung auch noch an anderen flüssigen Körpern zu zeigen, so wäre das Gefäß, welches Fig. 824 in etwa $\frac{1}{2}$ oder $\frac{2}{3}$ der natürlichen Größe zeigt, hierzu sehr wohl geeignet; es

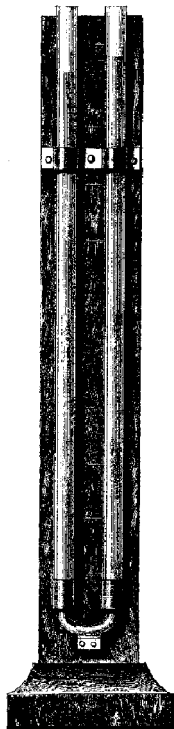
Fig. 825.

Fig. 824.



wird aus Glas gefertigt und hat an dem engen Halse bei α ein Zeichen. Man füllt es durch Erwärmen mit irgend einer Flüssigkeit und läßt es erkalten; nachher entfernt man — etwa durch Fließpapier — die Flüssigkeit aus dem Trichter und Halse bis an das Zeichen und erwärmt das Gefäß von Neuem, wobei dann die Flüssigkeit wieder in den Trichter steigt. Würde man das Gefäß auf 0 erkalten, alle Flüssigkeit bis an das Zeichen entfernen, dann das Gefäß wägen und nachher in Wasser bis zu einem gewissen Grade erwärmen, die aufgestiegene Flüssigkeit wieder entfernen, das Gefäß wieder wägen und von beiden Wägungen das vorher bestimmte Gewicht des leeren Gefäßes abziehen, so könnte man leicht die scheinbare Ausdehnung der Flüssigkeit bestimmen. Um die wirkliche Ausdehnung zu erhalten, müßte man freilich noch die Ausdehnung des Glases berücksichtigen. Hat man kein solches Gefäß, so kann man, nach Fig. 825, aus jeder Flasche und Röhre ein solches zusammensetzen.

Fig. 826.



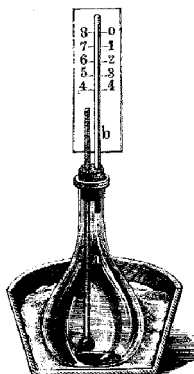
Unabhängig von der Ausdehnung des Glases kann man die Ausdehnung des Wassers durch den in Fig. 826 abgebildeten Apparat zeigen; er besteht aus zwei etwas weiten Glasröhren, welche einerseits verkorkt und durch eine dünnere gebogene Röhre in Verbindung gesetzt sind. Das ganze System ist auf ein Brettchen befestigt, auf welches eine in Zoll und Linien getheilte Skale verzeichnet ist. Man füllt nun zuerst die Röhren halb voll kalten Wassers und gießt dann langsam in die eine heißes Wasser, indem man dieses an der Röhre herablaufen läßt, bis beide Röhren beinahe voll sind. Es steht dann das warme Wasser immer um 3 bis 4 Centimeter höher als das kalte. Noch besser geht der Versuch,

wenn die enge Röhre mit einem Hahn versehen ist, den man erst öffnet, wenn bereits jede Seite mit ihrem Wasser gefüllt ist. Wird ein Hahn angebracht, so ist es auch leicht, das enge Röhrenstück an das weite anzulöthen, anstatt Kork anzuwenden. Man kann auch die enge Röhre so lang nehmen, daß sie durch die Kork hindurch in die weiten bis oben hinauf reicht; die enge wird dann mit gefärbtem, eine der weiten mit heißem, die andere mit kaltem reinen Wasser gefüllt.

Maximum der Dichtigkeit des Wassers. Um diese Thatsache zu zeigen, nimmt man eine starke Thermometerröhre mit etwa 1 Millimeter innerer Weite und bläst an dieselbe eine Kugel von etwa 4 Centimeter

Durchmesser. Dieses Thermometer wird nun mit destillirtem Wasser gefüllt und luftleer zugeschmolzen. Blasen, die sich etwa noch zeigen, bringt man durch Schwingen leicht in den leeren Theil der Röhre. Man bindet nun zwei gewichste Seidenfäden um die Röhre, setzt sie in schmelzendes Eis und schiebt den unteren Faden dem sinkenden Wasser nach, bis dieses wieder zu steigen beginnt; steigt es nicht mehr, so schiebt man nun auch den zweiten Faden an den Gipfel der Säule. Man kann nun die Kugel aus dem Eise in die Hand nehmen, um immer mehreren Personen zugleich zu zeigen, wie die Wassersäule anfänglich schnell, dann langsamer bis zum unteren Faden sinkt und dann wieder steigt. Hat das Wasser im Steigen den oberen Faden überschritten, so kann man die

Fig. 827.



Kugel wieder in das Eis setzen, um so nach und nach die so wichtige Erscheinung ohne zu großen Zeitverlust allen Zuhörern zu zeigen; daß hierbei die Ausdehnung des Glases nicht berücksichtigt ist, schadet für den Zweck, den man beabsichtigt, nichts. Wollte man größere Apparate hierzu anwenden, um auch dickere, also sichtbare Wasserfäulen zu erhalten, so würde das Erkalten und Erwärmen viel zu langsam von Statten gehen. Werden die angegebenen Dimensionen ungefähr eingehalten, so erhält man für die beiden Fäden immerhin einen Abstand von ungefähr 4 bis 5 Millimeter. Messungen über die Temperatur des Maximums können ohnehin hier keine beabsichtigt werden. Uebrigens kann man leicht eine kleine Glasflasche zu diesem Versuche herrichten, wenn man sie mit einem doppelt durchbohrten Kork versieht und ein fertiges Thermometer *a*, Fig. 827, in die Oeffnung und eine etwa 1 bis 2 Millimeter weite Glasröhre *b* in die andere steckt, und letztere mit einer willkürlichen Skale versieht.

- 374 **Ausdehnung elastisch flüssiger Körper.** Man verwende hierfür ganz einfach ein mit Luft gefülltes Thermometer, in welches man nur als Index eine kleine Quecksilbersäule bringt, um durch Vergleichung mit einem Quecksilberthermometer zu zeigen, wie stark sich Gase im Verhältniß gegen tropfbar flüssige Substanzen ausdehnen.

B. Versuche über die Veränderung des Aggregatzustandes.

- 375 **Latente Wärme des Wassers.** Man wiegt in ein tarirtes Glasgefäß ein Pfund gestoßenes Eis oder besser Schnee, gießt sodann ein Pfund

Wasser von 79°C . rasch hinzu und rührt es um; man erhält 2 Pfund Wasser von 0° . Soll der Versuch einigermaßen zutreffen, so muß auch die Temperatur des Zimmers 0° oder nicht viel von 0° verschieden sein. Besser ist es, man nimmt 2 bis 3 Pfund Wasser von etwa 40° bis 30° Wärme, weil dieses beim Umgießen weniger Wärme verliert. Wenn hierbei die Temperatur des Gemenges auch etwas über 0 bleibt, die Rechnung, wodurch man doch die Quantität der latent gewordenen Wärme bestimmen kann, ist ja einfach. Im Sommer wird aber der Versuch immer nur schlechte Resultate geben, des im gestoßenen Eise befindlichen Wassers wegen. Es ist zweckmäßig, im Sommer die Temperatur des Wassers so zu wählen, daß das Gemenge nachher die ungefähre Temperatur des Zimmers habe. Wenn aber auch die Zahlen bei diesem Versuche schlecht zutreffen, so ist er doch immer geeignet, das so wichtige Gesetz des Latentwerdens der Wärme anschaulich zu machen.

Kältemischungen. Wenn man ungefähr 3 Theile gestoßenes Eis, 376 oder besser Schnee, und 1 Theil Kochsalz mit einander mengt und das Gemenge dabei mit einem eisernen Köffel rasch durcharbeitet, so erhält man eine breiige Masse, deren Temperatur auch im Sommer auf -10° bis -12° sinkt. Noch größere Kälte, bis -16° , erreicht man, wenn man das Kochsalz selbst vorher in Schnee oder Eis erkaltet und das Gefäß, in welchem die Mischung vorgenommen wird, selbst mit Eis oder Schnee umgiebt. Die Quantitäten dürfen bei solchen Versuchen überhaupt nicht zu klein sein; man muß jedenfalls ein Gemenge von 2 bis 3 Pfund anwenden. Versuche mit anderen Kältemischungen sind für den Unterricht nicht zu empfehlen; sie zeigen jedenfalls nicht mehr als Eis und Kochsalz zeigt, wenn man auch mit einigen derselben noch stärkere Erkältung hervorbringen kann. In Ermangelung von Eis kann man durch einen Brei aus krystallisirtem Glaubersalz und käuflicher rauchender Salzsäure hinreichende Temperaturerniedrigung erreichen, um Wasser in dünnen Glasröhren zum Gefrieren zu bringen. Folgende Mischung ist praktisch wichtig, weil man die Salze durch Krystallisation wieder gewinnen kann, und sie daher auch im Großen, z. B. für Zuckerbäcker, brauchbar ist, nämlich 5 Theile Salzmia und 5 Theile Salpeter mit 10 Theilen Wasser von $+10^{\circ}\text{C}$.; sie giebt -12°C . Der hierzu brauchbare Apparat von Grubaud ist in den Figuren 828, 829 und 830 (a. f. S.) abgebildet. Das Eis wird in zinnernen, schwach konischen Behältern gebildet, deren neun oben in einen gemeinschaftlichen cylindrischen Raum münden, welcher durch einen Deckel verschließbar ist, wie Fig. 829 zeigt; diese ist ein Durchschnitt des eigentlichen zur Eisbereitung bestimmten Apparates, und zwar nach der Linie *ab* von Fig. 830, welche denselben Apparat von unten zeigt. In die konischen Röhren kommt die Substanz, welche gefrieren soll, sodann wird der Deckel aufgeschraubt und dieser Apparat mit seinem

unteren Zapfen in die dafür bestimmte, im Boden eines hölzernen Eimers befindliche Oeffnung gesetzt, Fig. 828. Nun bringt man in den Eimer entweder

Fig. 829.

Fig. 828.

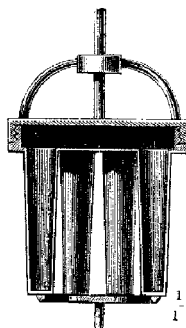
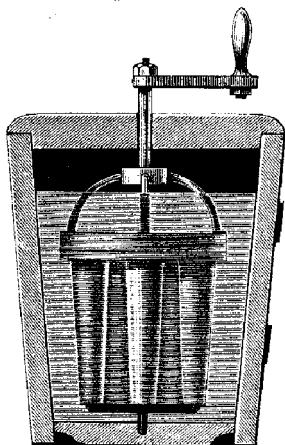


Fig. 830.



obige Mischung, oder gießt denselben etwa zur Hälfte voll möglichst kalten Wassers und setzt diesem dem Gewichte nach gleich viel fein krystallisirtes salpetersaures Ammoniak zu, steckt rasch den Deckel des Eimers darauf, macht ihn fest, schraubt die Kurbel auf und dreht den Eisapparat im Eimer ziemlich rasch um; nach kurzer Zeit ist das Wasser in den konischen Röhren gefroren.

Anderere bekannte Kältemischungen sind folgende: 3 Theile salzsaurer Kalk (nicht geglüht) und 2 Theile Schnee geben von 0 bis -28°C .; gleiche Theile Schnee und verdünnte Schwefelsäure geben von -5 bis -51°C .

Die neuen Apparate für künstliche Eisbereitung beruhen auf der viel größeren Wärmemenge, welche bei der Verdampfung latent werden; müssen aber hier übergangen werden.

Leichtflüssige Legierungen erhält man durch folgende Mischungen: 377

Wismuth.	Zinn.	Blei.	Schmelz- punkt.
4	1	1	94 G.
4	1½	2½	100
4	1½	4	107,5
4	2	4	123,3
4	3⅓	4/5	118,9
4	4	4	123,3
4	4	5	130,3
4	4	6	132
4	4		141,2
4	7	8	143,3
4	6	8	145,4
4	12	11	153,8
4	18	16	160,2
4	24	16	166,5
4	8		167,7
4	12	15	172
0	5	1	194
4	32		200
	4	7	215
	4	7½	221
	4	8	228
	4	8½	232
	4	10	243
	4	14	254
	4	19	265
	4	30	277
	4	48	288

Die letzteren sieben Legierungen werden auch benutzt, um schneidende Instrumente in einer noch schmelzenden Masse derselben genau gleichförmig anlassen zu können, da dieses namentlich dann schwierig ist, wenn der anzulassende Gegenstand sehr lang oder sehr ungleich dick ist. Die genannten sieben Legierungen geben der Ordnung nach folgende Farben beim Anlassen des Stahls: schwachgelb, goldgelb, dunkelgelb, purpur, violet, dunkelblau; hellblau erhält man in

kochendem Oel bei 315° C.; härtet man in diesen geschmolzenen Legirungen — beim Schmelzpunkte — so braucht man die gehärteten Gegenstände nicht anzulassen. Andere geben folgende Scale an: Blaugelb 222, Strohgelb 232, Goldgelb 242, Braun 255, Purpur 277, Violet 287, Blau 292, Hellblau 318° C., was im Allgemeinen ein paar Grade höher steht; die leichtflüssigste Legirung erhält man nach Wood aus 1 bis 2 Theilen Cadmium, 7 bis 8 Wismuth, 2 Zinn und 4 Blei; die Legirung schmilzt, je nachdem man mehr oder weniger Cadmium und Wismuth genommen hat, bei 65 bis 71° C. und ist zum Löthen brauchbar. Wenn man dieselbe bereitet, so schmilzt man zuerst das Blei und setzt die übrigen nach der Ordnung ihrer Schmelzbarkeit zu.

378 Das Freiwerden latenter Wärme beim Erstarren der Körper
kann man auf verschiedene Weise zeigen.

1) Man gießt nach Böttger etwa 1 Zoll hoch Wasser in ein sogenanntes Reagensröhrchen, steckt ein kleines Thermometer hinein, gießt eine dünne Schichte Oel darauf und befestigt das Thermometer so, daß seine Kugel unter dem Wasser bleibt. Bringt man nun den Apparat in eine Kältemischung, so bleibt das Wasser auch unter 0° tropfbar flüssig. Ist die Erkaltung bis auf etwa -5° fortgeschritten, so gefriert ein Theil des Wassers, wenn das Gläschen auch nur schwach gerüttelt wird, und das Thermometer steigt auf 0 .

2) Man nimmt in ein gewöhnliches Medicinglas 2 Theile krystallinisches Glaubersalz und 1 Theil Wasser, erhitzt es bis zum Kochen über der Weingeistlampe, entfernt es, hängt ein Thermometer hinein und läßt es ruhig stehen bis auf etwa 15° R. erkalten. Im Sommer wird es dabei nöthig, das Glas in frisches Wasser zu stellen. Bringt man sodann ein Rörchen Glaubersalz hinein, so steigt das Thermometer rasch auf 22 bis 24° , während der größte Theil des Salzes krystallisirt; steht das Glas in Wasser, so muß man dieses vor dem Krystallisiren durch einen Heber entfernen, sonst steigt das Thermometer nicht so hoch. Wollte man das Glas mit seinem Inhalte aufbewahren, so müßte man darauf notiren, was das Ganze wiegt, und von Zeit zu Zeit das verdunstete Wasser ersetzen; auch ein Strich außen am Glase würde die erforderliche Menge Wasser hinreichend genau bezeichnen. Das Glas sollte mit der Lösung nur etwa zur Hälfte gefüllt sein.

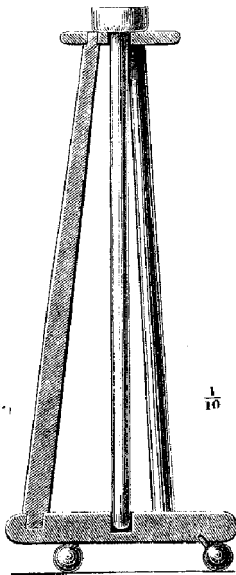
3) Wenn man unterschwefligsaures Natron zu diesem Versuche verwendet, so braucht man kein Wasser zuzusetzen, da dieses Salz in seinem Krystallwasser schmilzt. Man hängt auch hier ein Thermometer hinein und läßt das Glas so lange stehen, bis es die Temperatur von etwa 15 bis 20° R. angenommen hat; rüttelt man hier das Glas nur wenig, so erstarrt die Masse wieder und das Thermometer steigt um etwa 18 Grad. Obwohl der Erfolg bei diesem Versuche auffallender ist, so dürfte er im Allgemeinen doch weniger zu empfehlen sein als

der vorige, da das unterschwefligsaure Natron erstens nicht überall zu haben, und zweitens ziemlich theuer ist.

Krystallisation des Wismuths. Man erreicht diese Krystalli- 379
sation am leichtesten, wenn man etwa 2 bis 4 Pfd. des Metalls in einem eiser-
nen, fast halbkugelförmigen Gießlöffel schmilzt und den Löffel nur sehr langsam
erkalten läßt, bis sich eine feste Haut auf dem Metalle gebildet hat, die man dann
mit einem Eisendrahte einstößt und rasch das innere noch flüssige Metall aus-
gießt. Man erhält nicht immer größere Krystalle, wohl aber stets eine Ober-
fläche, aus welcher zahllose Würfelchen mehr oder weniger weit hervorste-
hen. Schöne große Krystalle aber, mit den schönsten Treppenbildungen kann man nur
erhalten, wenn man das käufliche Wismuth vorher chemisch reinigt, was jedoch
eine ziemlich umständliche Operation ist. Wenn man recht weiches Blei auf
ähnliche Weise behandelt, so zeigt es ebenfalls Krystallchen.

Gesetze der Dampfbildung. Um diese Gesetze nachzuweisen, 380
nimmt man das Gefäß, Fig. 831, und eine etwas weite, etwa 1 Meter oder

Fig. 831.



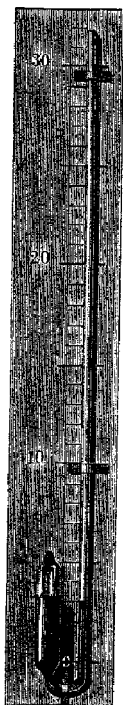
darüber lange Glasröhre, welche gut gereinigt
und einerseits zugeschmolzen wird; diese Röhre
füllt man, nachdem sie erwärmt wurde, durch
einen Papiertrichter mit reinem ausgekochtem,
noch warmem Quecksilber bis auf etwa $\frac{1}{2}$ bis
1 Centimeter und sucht auf die in §. 96 ange-
gebene Weise die Luftblasen sorgfältig zu entfer-
nen. Man bekommt auch eine sehr gute Röhre,
wenn man dieselbe gefüllt unter den Recipien-
ten der Luftpumpe bringt, die Oeffnung nach
oben gerichtet, und nun die Luft möglichst ver-
dünn, wobei man durch geringe Erschütterung
den entweichenden Luftblasen nachhilft. Nach-
dem wieder Luft zugelassen ist, kehrt man die
Röhre in Quecksilber um, bringt sie wieder
unter den Recipienten und verdünnt abermals,
so weit als möglich. Man nimmt dann die
Röhre, nachdem man sie zuerst so weit geneigt
hat, bis das Quecksilber oben ansteht, verschlossen
aus dem Quecksilber, kehrt sie um, bringt sie
nochmals, die Oeffnung nach oben, unter die
Luftpumpe und füllt sie zuletzt vollends auf. Wenn man auch nicht gerade eine
wirklich ausgekochte Barometerröhre zu dieser Demonstration verwendet, was doch

zu luxuriös wäre, so muß man wenigstens auf eine der eben angegebenen Weisen verfahren, weil sonst die Versuche zu sehr von dem Gesetze abweichen, wenn sich

Fig. 832.



Fig. 833.


 $\frac{1}{10}$

etwas mehr Luft in dem Raume über dem Quecksilber befindet. Den Rest der Röhre füllt man mit ausgekochtem Schwefeläther *), verschließt mit dem Finger und kehrt sie in das Gefäß Fig. 831 um. Man kann auch die ganz mit Quecksilber gefüllte Röhre umkehren und erst nachher Schwefeläther hineinbringen, um das sofortige Sinken des Quecksilbers zu zeigen. Man nimmt dazu ein gekrümmtes Röhrchen wie Fig. 832, etwa 3 bis 6 Zoll lang, bringt etwas Schwefeläther

hinein, so daß es bis an die Spitze voll ist, taucht es nun unter Quecksilber und die Spitze unter die Barometeröhre, füllt noch etwas Aether durch eine Pipette nach, verschließt das Röhrchen oben mit dem Finger und läßt durch die Erwärmung mittelst der Hand so viel Schwefeläther austreiben, als man will.

Mit dem so zugerichteten Apparate kann man nun die Gesetze der Dampfbildung sehr gut nachweisen, wenn man nur Sorge getragen hat, nicht so viel Aether in die Röhre zu bringen, daß derselbe den Raum über dem Quecksilber zu sättigen vermag, wenn die Röhre so weit als möglich aus dem Gefäße ausgezogen ist; ist die Röhre nicht über ein Meter lang, reichen 5 Millimeter Aether hin. Man kann dann auch noch zeigen, daß der Aetherdampf in dem Falle, wenn er den Raum nicht erfüllt, zusammendrückbar und ausdehnbar ist, und daß seine Elasticität ab- und zunimmt, so wie man den Raum größer oder kleiner macht. Bequem sind Röhren, welche einerseits durch eine eiserne Schraube verschlossen werden; man steckt sie zuerst offen ganz in das Gefäß Fig. 831, verschließt und zieht sie so weit als möglich heraus; senkt sie wieder ein, öffnet und füllt den übrigen Raum mit ausgekochtem Schwefeläther libervoll, worauf man verschließt und zum Versuche schreitet.

Es ist für diese Versuche sehr bequem, wenn an dem Stativ des Gefäßes Fig. 831 eine Skale befestigt ist, bis

*) Der Schwefeläther wird in einem Gläschen in heißes Wasser gehalten.

zu deren Nullpunkt das Gefäß mit Quecksilber gefüllt wird. Die Skale muß dieselbe Theilung haben, wie das Barometer, das man besitzt. Uebrigens kann man auch eine Theilung auf die Röhre selbst mit Tusche auftragen.

Um die Veränderung der Spannkraft des Aetherdampfes durch die Temperaturerhöhung zu zeigen, darf man nur ein erwärmtes Blech in die Nähe der Röhre bringen.

Um die Größe der Spannkraft des Wasserdampfes unter 100° C. zu bestimmen, kann man auch so verfahren, daß man ein Gefäßbarometer, wie Fig. 833, dessen Gefäß etwas groß und in eine feine Spitze ausgezogen ist, fertig macht, sodann Wasser über das Quecksilber im Gefäße bringt und dieses so lange kocht, bis alle Luft ausgetrieben ist, worauf man die Spitze zuschmilzt. Die Differenz des Quecksilberstandes in der Röhre und im Gefäße giebt unmittelbar die Spannkraft des Wasserdampfes für die vorhandene Temperatur an. Ebenso kann man mit Aether verfahren, wobei man das Kochen des Aethers in heißem Wasser vornimmt; das Wasser darf indessen nur wenig heißer sein, als zum Kochen des Aethers nöthig ist, und die Spitze des Gefäßes muß fein ausgezogen werden; vor dem Zuschmelzen hebt man das Gefäß aus dem Wasser, damit das Kochen bald aufhört. Beim Zuschmelzen solcher Röhren ist es immer ein gutes Zeichen, wenn der innere Dampfdruck die zugeschmolzene Spitze etwas auftreibt; vollends fest verschmolzen wird die Spitze erst nach dem Erkalten. Die fertige Röhre wird wie ein Barometer auf ein Brettchen befestigt, auf welches eine Skale in Zollen oder Centimetern aufgetragen ist. Bei der Anfertigung hat man darauf zu sehen, daß das Gefäß alles Quecksilber fassen kann, ohne dadurch auf mehr als $\frac{2}{3}$ gefüllt zu werden; das Wasser muß nach dem Auskochen noch weniger als das übrige Dritteltheil betragen. Man bedarf dazu keines ausgekochten Barometers, eines, welches nach der obigen Angabe mit ausgekochtem Quecksilber unter der Luftpumpe behandelt ist, reicht aus, wenn man es nicht für Temperaturen nahe am Siedepunkte verwenden und nicht gerade genaue Resultate erhalten will. Beim Füllen ist es bequem, wenn die Spitze in der Ebene beider Röhren seitwärts gebogen ist. Man richtet dann der Röhre eine sichere Lage, das Gefäß über einer großen Schüssel, das obere Ende tiefer und füllt durch eine fein ausgezogene Glasröhre eine Portion Quecksilber ein, die man dann schuckweise um die Biegung herumwirft, indem man die Röhre beinahe horizontal hält. Bei engeren Röhren vereinigt sich das über die Biegung gebrachte Quecksilber nicht leicht mit dem früheren und man muß durch Centrifugalkraft nachhelfen, indem man die Röhre an einer kurzen, nahe bei der Biegung angebundenen gewickelten Schnur herumschwingt.

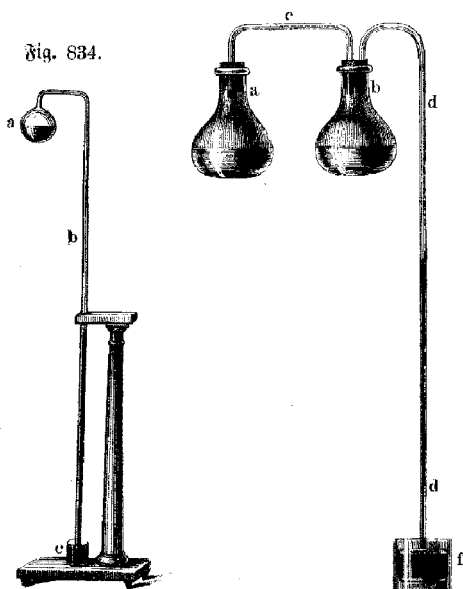
Nimmt man anstatt eines Barometers bloß eine gleiche Röhre, wie Fig. 833, die aber oben offen ist, und bringt Quecksilber hinein, auf dasselbe im Gefäß Wasser, und kocht letzteres aus, so hat man nach dem Zuschmelzen des Gefäßes

einen Apparat, durch den man die Spannung der Dämpfe über 100° C. bestimmen kann, so weit als die Höhe der Röhre dieses erlaubt. Man bringt dabei das Gefäß in ein Bad von Quecksilber. Allerdings könnte man auch Oel und andere Flüssigkeiten anwenden, allein da die Röhre auf eine Skale befestigt werden muß, so könnte man für die Skale wenigstens kein Holz verwenden.

381 Um den für die Condensations-Dampfmaschinen wichtigen Satz zu zeigen, daß der Dampf in einem geschlossenen Raume stets die Spannung annimmt, welche dem kältesten Theile des Apparates entspricht, kann man folgenden Versuch machen. Man bläst an eine 30 Zoll lange Barometerröhre eine Kugel von etwa 1 Zoll Durchmesser, biegt die Röhre zweimal rechtwinklig und befestigt sie an irgend ein Stativ, wie Fig. 834 zeigt. In die Kugel bringt man entweder durch Erwärmung, oder, wenn die Röhre etwas weiter ist, selbst durch einen kleinen Trichter Schwefeläther. Im letzteren Falle geschieht dieses vor der Befestigung an das Stativ. Durch eine Weingeisflampe oder ein Gefäß mit heißem Wasser wird der Aether bis zum Kochen gebracht, und so lange im Kochen erhalten, bis man annehmen kann, es sei alle Luft aus der Kugel und der Röhre ausgetrieben; wenn die Kugel halb voll Aether war, so darf man wohl etwa die Hälfte davon rasch verdampfen. Noch während des letzten Aufkochens

Fig. 835.

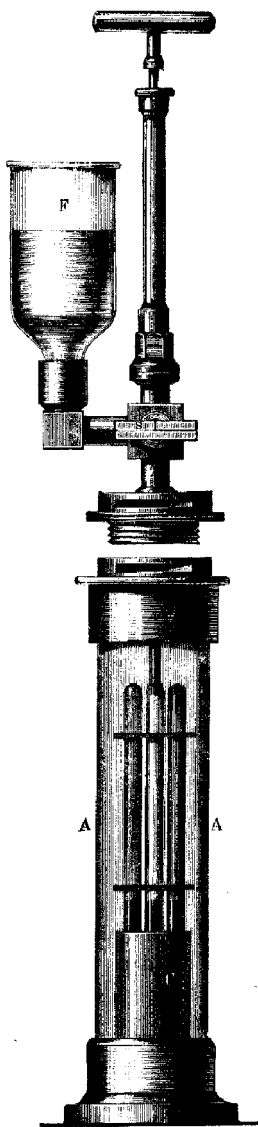
Fig. 834.



des Aethers steckt man die Röhre in ein Glas, wozu möglichst mit ausgekochtem und noch warmem Quecksilber. Beim Erkalten steigt allmählig das Quecksilber in der Barometerröhre und erreicht die der Lufttemperatur entsprechende Höhe, wobei sich auf demselben etwas Aether ansammelt, besonders wenn man kaltes Quecksilber anwendet. Steigt das Quecksilber nicht mehr, so taucht man die Kugel in ein Glas Wasser, das durch Eis auf 0° erkaltet ist; sogleich steigt das Quecksilber in der Röhre und erreicht ziemlich bald die dieser neuen Temperatur

entsprechende Höhe, obgleich nur die Kugel und nicht die Röhre erkaltet wurde; hierbei verdampft dann der Aether auf dem Quecksilber. Wendet man unausgefülltes Quecksilber an, so steigen aus demselben besonders beim Erkalten Luftblasen auf; es stören diese zwar das Hauptresultat nicht, nur erhält man dann keinen so hohen Stand des Quecksilbers in der Röhre, als er eigentlich sein sollte.

Fig. 836.

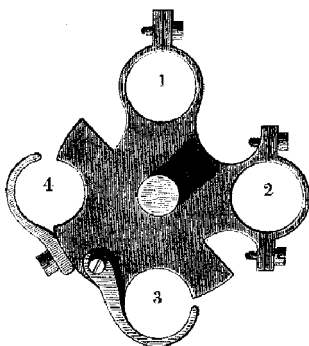


Es ist nicht ganz leicht, an einer so langen Röhre eine große Kugel anzublasen; kann man dieses nicht, so steckt man ein kleines dünnwandiges Gläschen von entsprechender Größe an die gebogene Röhre mittelst eines Korkes; es wird dann gut sein, den Versuch bis auf die Erkaltung mit Eis vor der Demonstration vorzubereiten, da das Erkalten bis auf die Lufttemperatur bei solchen Gläsern, die gegen eine Kugel doch immer eine beträchtliche Dicke haben, ziemlich langsam geht. Meistens wird dieser Versuch so angestellt, daß man, wie in Fig. 835, zwei Gläschen verwendet, von etwa 1 bis 2 Cubitzoll Inhalt, den Aether in beiden ins Kochen bringt und dann, wenn alles die Lufttemperatur angenommen hat, das eine Gläschen erkaltet.

Daß dieselben Gesetze, die man für Aether oder auch für Wasserdampf durch die eben beschriebenen Versuche nachgewiesen hat, auch für andere Gase gelten, zeigt man am besten durch den in Fig. 836 in etwa $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{5}$ der wirklichen Größe abgebildeten Apparat. Derselbe besteht aus einem starken Glaszylinder A A mit messingnem Fuße und eben solcher Fassung am oberen Theile; in letztere läßt sich der Aufsatz mit der Druckpumpe und dem Wasserbehälter F schrauben. Man kann zur Verfertigung einen unten nicht geöffneten, sondern noch

halbrunden Glaszylinder nehmen und der Wohlfeilheit wegen einen gußeisernen, dann auch etwas breiteren Fuß, als die Zeichnung angiebt. Das Glas muß bei den angegebenen Dimensionen 7 bis 8 Millimeter dick sein — so wenigstens hält es — und die zusammengeschraubten Stellen können durch Leder oder Hautschut gebichtet werden. In den Cylinder stellt man mittelst eines Stieles ein Gefäß *C* aus Eisen, in welchem sich Quecksilber befindet, und in dieses kommen vier Röhrchen, wovon eines, am besten nach Atmosphären, graduirt ist und atmosphärische Luft enthält, die anderen enthalten schwefligsaures Gas, Ammoniakgas und Chyngas, von deren Darstellung unten das Nähere folgen soll. Das Quecksilbergefäß braucht übrigens nur die Hälfte der in der Zeichnung angegebenen Höhe zu haben, und die Röhrchen müssen am Stiele auf irgend eine Weise befestigt werden können, weil sie sonst nicht tief genug in das Quecksilber eintauchen. Der Stiel hat zu diesem Zwecke zwei Scheiben, jede mit vier gespaltenen Ringen, die durch eine Schraube festgezogen werden können, der Stiel selbst, welcher diese Scheiben trägt, muß vom Boden des Gefäßes losgeschraubt werden, um die Ringe über die Röhren streifen zu können. Da jedoch auch dann noch die Ringe federnd gemacht und mit einer Schraube versehen werden müssen, wie in Fig. 837 No. 1, so dürfte es zweckmäßiger sein, eine der drei anderen

Fig. 837.



in Fig. 837 angegebenen Befestigungsweisen anzuwenden, wobei man die Röhren nur an ihren Platz zu stellen hat. Ich würde Nr. 3 den Vorzug geben. Die Röhren müssen jedenfalls so lang genommen werden, daß sie bis beinahe an die obere Fassung reichen, damit die über dem Quecksilber entstehende Flüssigkeitsschicht gehörig sichtbar wird. Ist das Gefäß *C* eingesetzt, so füllt man *AA* mit Wasser, schraubt das Pumpenstück auf, füllt auch *F* mit Wasser, stellt den Hahn *s* so, daß die Pumpe mit dem Behälter *F* communicirt, was

die Striche auf seinem Griffe zeigen, zieht die Pumpe auf, um sie mit Wasser zu füllen, dreht den Hahn eine Viertelswendung, um die Communication der Pumpe mit *F* abzuschließen und jene mit *A* herzustellen, worauf man den Kolben niederdrückt. Nachdem man auf diese Weise einige Kolbenzüge gethan, so stellt man langsam den Hahn so, daß *A* und *F* communiciren, um die beim Füllen in *A* zurückgebliebene Luft zu entlassen. Letzteres wiederholt man noch einmal oder überhaupt so oft, bis man keine Luft mehr entweichen sieht. Jetzt wird die Compression von Neuem gemacht, wobei das in dem mit Luft gefüllten

Röhrchen steigende Quecksilber den jederzeit stattfindenden Druck ausübt; die anderen Gase werden nach einander tropfbar flüssig, und sowie eines derselben anfängt, tropfbar flüssig zu werden, steigt bei weiterem Pumpen das Quecksilber beinahe nur noch in diesem Röhrchen, bis das Gas ganz in eine tropfbare Flüssigkeit verwandelt ist. Oeffnet man den Hahn *s* ein wenig gegen *F*, so entweicht das Wasser nach und nach, und sowie der Druck so weit nachgelassen hat, daß eines der Gase bei der gegebenen Temperatur elastisch flüssig existiren kann, verwandelt es sich sehr rasch — so rasch als das Wasser entweicht — ganz in Gas. Beim Oeffnen des Apparates behufs der Entleerung muß die Verbindung mit dem Wassergefäße *F* und dem Cylinder *A* offen sein, weil sonst beim Herausrauben in *A* eine Verdümmung entsteht und die Gase zum Theil aus den Röhren entweichen, was für eine Wiederholung störend wäre. Bleibt der Hahn zwischen *F* und *A* offen, so füllt sich der von der Schraube eingenommene Raum mit Wasser, welches beim Oeffnen überläuft; es ist daher zweckmäßig, vor dem Oeffnen des Apparates das Wasser aus *F* durch einen Heder zu entleeren. Entleert aber muß der Apparat jedesmal werden, theils weil das eine Gas sich zerlegt, theils weil die Gase absorbirt werden.

Einem solchen Apparate ist gewöhnlich auch ein Gefäß beigegeben, um nach der Methode von Colladon und Sturm die Zusammendrückbarkeit des Wassers nachzuweisen.

Die Darstellung der genannten Gase geschieht in kleinen Retorten von 382 Glas, an welche man eine gewöhnliche Gasentwickelungsröhre anbringt, die in das Quecksilber führt. Letzteres befindet sich dabei in einer 2 Zoll weiten Schale, worin es nur etwa $\frac{3}{4}$ Zoll hoch zu stehen braucht. Man hält die mit Quecksilber übervoll gemachten Röhrchen, wie beim Toricelli'schen Versuche, mit dem Finger zu und kehrt sie in das Quecksilber um; ebenso bringt man sie in das Gefäß des Compressionsapparates. Man braucht also nur wenig Quecksilber. Die Gase brauchen nicht besonders getrocknet zu werden, nur muß man dieselben nicht eher auffangen, als bis man sicher zu sein glaubt, daß alle atmosphärische Luft aus der Retorte ausgetrieben ist.

Schwefligsaures Gas erhält man durch Erhitzen von 1 Theil Vitriolöl — nicht engl. Schwefelsäure — mit $\frac{1}{5}$ Kupferspänen.

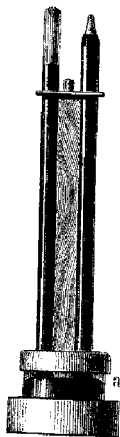
Ehangaß durch gelindes Erwärmen von Ehanquecksilber.

Ammoniakgas durch Erhitzen von 1 Theil gepulvertem Salmiak mit 2 Theilen zerfallenem gebranntem Kalk. Die Erhitzung kann in jedem Falle mit der gewöhnlichen einfachen Weingeistlampe bewirkt werden, muß aber namentlich beim schwefligsauren Gase langsam geführt werden, da die Masse sonst stark aufschäumt. Andere Gase, als die angeführten, erfordern zum Flüssigwerden entweder einen zu hohen Druck oder lassen sich, wie das Chlor, nicht

gut mit Quecksilber absperrten. Wegen der im Quecksilber und an den Wänden der Röhren adhären den Luft ist es zweckmäßig, die erstmals mit Gas gefüllten Röhren nochmals mit Quecksilber zu füllen und wieder Gas einzulassen.

383 Wenn man keinen solchen Compressionsapparat hat, so kann man mittelst der Luftpumpe und Aether einen ähnlichen Versuch machen. Man nimmt dazu eine etwa 24 Centimeter lange, recht reine, einerseits etwas verengte und zugeshmolzene Röhre und füllt sie heiß mit ausgekochtem, noch heißem Quecksilber durch eine zugespitzte lange Glasröhre (§. 96) bis auf etwa 5 Millimeter; den Rest füllt man mit ausgekochtem Aether auf und kehrt in Quecksilber um. Neben diese Röhre stellt man eine gleich lange Röhre, in der man vor dem Umkehren etwa 3 Centimeter Luft zugelassen hat. Zieht man nun die Luft langsam aus, so sinkt zuerst das Quecksilber in der Luströhre, bis die Spannkraft der Aetherdämpfe dem noch übrigen Luftdruck gleich ist, worauf die Dampfbildung beginnt und das Quecksilber in der Luströhre stehen bleibt; läßt man wieder langsam Luft zu, so findet das Umgekehrte Statt. Es muß aber recht langsam gepumpt werden, sonst bleibt das Quecksilber in der Luströhre nicht stehen. Es ist gut, den Versuch vorher einmal zu machen, ehe man ihn zeigt; denn beim Wiederezulassen der Luft zeigt sich oberhalb des

Fig. 838.

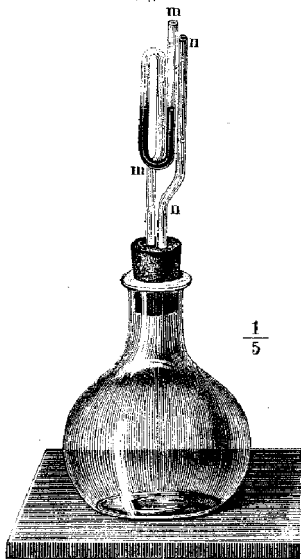


Aethers doch gern eine Luftblase; man nimmt dann die Aetherröhre unter Verschluss mit dem Finger heraus und füllt mit ausgekochtem Aether auf. Wenn auch zu viel Aether darin wäre, so darf man nur wieder auspumpen, bis die Aetherröhre kein Quecksilber mehr enthält und der Aether durch Verdampfung entweicht. Fig. 838 zeigt den zusammengesetzten Apparat. Auf das Glas *a* ist eine hölzerne Fassung so gepaßt, daß sie durch Reibung hinlänglich festhält; sie trägt ein Brettchen mit einem Querrarme, der, sowie die Fassung selbst, zwei Löcher für die Glasröhren hat. Beim Einstellen der Röhren in das Quecksilber muß das Glas ziemlich viel Quecksilber haben, und darnach noch in ein weiteres Gefäß gestellt werden; das überflüssige Quecksilber schüttet man wieder aus, ehe man die hölzerne Fassung über die Röhre streift. Noch belehrender wird der Versuch, wenn man zugleich eine ausgekochte Barometerröhre mit unter die Glocke der Luftpumpe bringen kann, allein eine solche müßte mindestens 15 Zoll hoch sein. Anstatt die Röhren heiß zu füllen, kann man auch das in §. 380 angegebene Verfahren anwenden.

C. Versuche über die Mischung von Dämpfen mit Gasen.

Um das Gesetz nachzuweisen, daß Gase, welche im Zustande der Sättigung 384 einen Raum erfüllen, auch wenn sie mit anderen Gasen gemengt sind, dieselbe Spannung annehmen, wie im leeren Raume, macht man dieselbe Vorbereitung, wie zum Beweise des Mariotte'schen Gesetzes für Verdünnung, §. 98, und läßt dann in die Barometerröhre mittelst des gekrümmten Endes einer Pipette einige Tropfen Schwefeläther aufsteigen. Das Quecksilber sinkt sogleich. Bringt man aber durch Einsenken der Röhre das Volumen der Luft auf das frühere zurück, so erhält man eine um so viel größere Spannung, als die Spannung des Aetherdampfes im leeren Raume für die gegebene Temperatur beträgt. Sehr einfach kann man dieses auch auf folgende Weise zeigen. Auf ein Gefäß mit breiter Standfläche, wie Fig. 839, richtet man einen sehr gut schließenden Pfropf

Fig. 839.



mit zwei Glasröhren, wovon die eine für den Gebrauch als Manometer gebogen ist. Um das Gefäß gehörig zu trocknen, setzt man die eine dieser Röhren mit der Luftpumpe und die andere mit der Chlorcalciumröhre, Fig. 840, durch passend gebogene Glasröhren und vulcanisirten Kautschuk in Verbindung und thut mehrmals einige Züge mit der Luftpumpe in Zwischenräumen von etwa $\frac{1}{4}$ Stunde. Ist das Gefäß mit gehörig trockener Luft gefüllt, so nimmt man die Verbindung von der Manometerröhre ab und gießt sogleich etwas Quecksilber ein, am besten durch eine lang ausgezogene Glasröhre; nachher setzt man auf die andere Röhre einen kleinen Trichter, Fig. 841 (a. f. S.), mittelst Kautschuk, das durch eine Klemme (§. 104) zu verschließen ist. Hier herein bringt man

Fig. 840.



Gefäß gelangen. Es dauert nicht gerade lange, bis das Quecksilber im Manometer die Zunahme der Spannkraft zeigt. Es giebt allerdings noch mehrere zweckmäßige Apparate zum gleichen Versuche, dieselben sind aber durch ihre Construction theuer und nicht leicht zu haben, weshalb sie hier übergangen werden können.

Fig. 841.



385

Um die Abhängigkeit des Siedepunktes von dem Luftdrucke zu zeigen, dienen außer dem bereits bei der Luftpumpe §. 102, 9 angeführten Versuche noch folgende.

a) Der Wasserhammer. An eine starke, einerseits zugeschmolzene Glasröhre von 1 Fuß Länge wird eine Kugel angeblasen, Fig. 842, dann die schon früher auf dieser Seite verdünnte Röhre in eine Spitze ausgezogen. Man füllt die Röhre etwa bis an die Kugel mit Wasser und treibt durch Kochen davon so viel weg, daß sie nur noch etwas über die Hälfte gefüllt bleibt, worauf man noch während des Kochens die feine Spitze zuschmilzt. In allen ähnlichen Fällen wird die Röhre sehr heiß und man faßt sie am besten mit einer hölzernen Klemme, wie Fig. 843, welche einem später zu beschreibenden Stative entnommen ist. Da die Röhre nun luftleer ist, so kocht das Wasser in ihr schon von der Handwärme, wenn man es in die Kugel bringt, und die Röhre in beinahe horizontaler Lage in die Hand nimmt. Kehrt man die Röhre rasch in die senkrechte Lage um, so daß das Wasser schnell in das andere Ende der Röhre fallen kann, so schlägt es wie Quecksilber in dem Barometer mit lautem Schalle an das Glas, ohne daß dieses aber springt, wenn die Röhre beim Zuschmelzen auf dieser Seite nicht geschwächt und gut verkühlt wurde. Diese Arbeit erfordert aber wegen der größeren Glasmasse ziemlich starkes Feuer und eine schon geübte Hand.

Fig. 842.

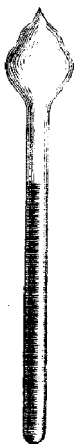
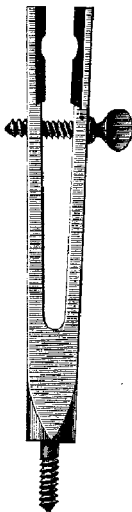


Fig. 843.



b) Der Pulshammer. An eine Röhre von 1 bis 2 Millimeter innerer Weite werden nach einander zwei Kugeln angeblasen, worauf man die Röhre, wie Fig. 844 zeigt, zweimal rechtwinklig biegt und das Ende der Röhre in eine

Fig. 844 zeigt, zweimal rechtwinklig biegt und das Ende der Röhre in eine

Spitze auszieht. Die Kugel *a* sammt der Röhre wird nun mit 70- bis 80procentigem Weingeist gefüllt, der durch Fernambuk roth gefärbt wurde, durch

Fig. 844.

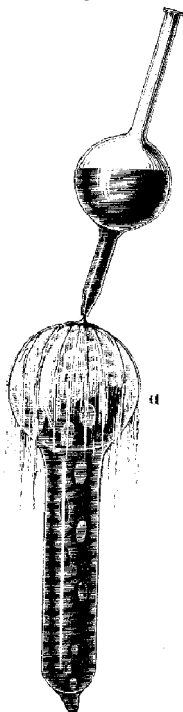


Kochen die übrige Luft ausgetrieben und die Spitze an der Kugel *b* zugeschmolzen; es soll nur etwa eine halbe Kugel voll Weingeist übrig bleiben. Nimmt man nun die eine Ku-

gel in die Hand, so daß die beiden Kugeln nach oben sehen und das Verbindungsstück horizontal steht, so wird der Weingeist unter lebhaftem Aufwallen in die andere Kugel getrieben, wobei man in der Hand eine bedeutende Erkältung verspürt.

c) Einen ähnlichen Versuch kann man auf die in Fig. 845 dargestellte Weise machen. *a* ist eine gewöhnliche Vorlage (Kolben)

Fig. 845.



mit langem Halse, dessen Rand man an der Lampe abrundet und ein wenig erweitert, ein gut schließender Pfropf wird zu dem Halse ausgesucht und dann der Kolben etwas mehr als zur Hälfte mit Wasser gefüllt, das man in heftiges Sieden versetzt; wenn man glaubt, alle Luft ausgetrieben zu haben, faßt man den Hals des Kolbens mit einem Tuche, nimmt den Kolben vom Feuer und verkorkt denselben schnell. Wenn der Kolben gut luftleer war, so kocht nun das Wasser noch lange, und wenn es zu kochen aufgehört hat, darf man den Kolben nur umkehren und kaltes Wasser darauf gießen, wie die Figur zeigt, um es wieder zu starkem Aufwallen zu bringen. Will man den Apparat später wieder gebrauchen, so wird er vorher in kochendem Wasser erwärmt. Statt den Kolben zu verkorken, kann man ihn auch in eine Spitze ausziehen, und diese nach hinlänglichem Kochen zuschmelzen. Hierbei muß man aber sehr langsam kochen, weil durch die enge Spitze die Dämpfe nicht so rasch entweichen können; man setzt dafür das Kochen etwa 10 Minuten lang fort. Die Arbeit wird auf dem Blas-tische gemacht, dessen Flamme bereits im Gange sein muß, wenn man den Kolben von dem Kochfeuer entfernt, um die Spitze zuzuschmelzen.

Man kann den Versuch auch so anstellen, daß man den Kolben wie in Fig. 846 (a. f. S.) verkehrt in den Ring eines Retortengestelles hängt, so daß er mit seinem verschlossenen Halse in ein Gefäß mit

heißem Wasser taucht, welches wieder in einer größeren leeren Schüssel steht. So oft nun kaltes Wasser auf den Kolben gegossen wird, entsteht in ihm starkes Aufkochen.

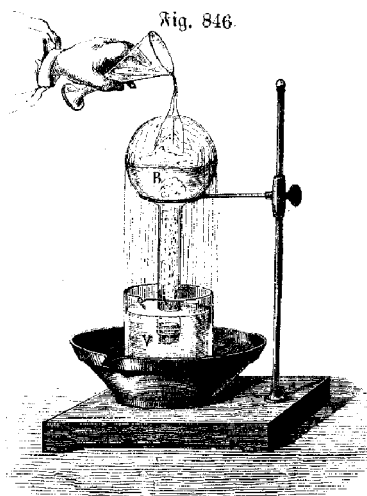


Fig. 846.

d) Der Papinianische Topf. Für den Unterricht kann es sich nur darum handeln, die Zunahme der Siedhize bis zum Drucke einiger Atmosphären zu zeigen. Zu diesem Zwecke giebt man dem Topfe am besten die Form eines kleinen cylindrischen Dampfessels von etwa 5 Zoll Weite und 12 bis 15 Zoll Länge; wozu Blech von 3 Millimeter Dide erforderlich ist, um ihn mit vollkommener Sicherheit auf 4 Atmosphären Ueberdruck gebrauchen zu können. Der Kessel

Fig. 847.

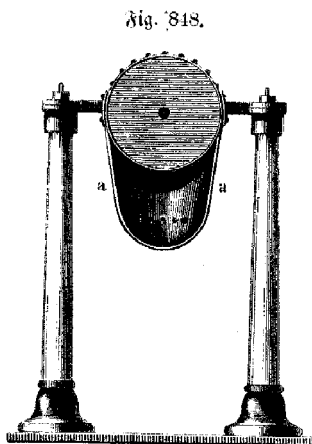
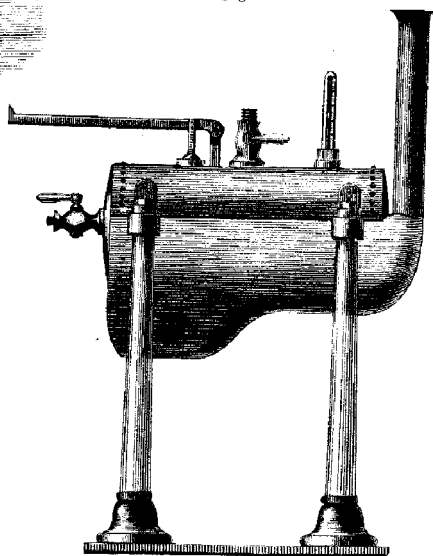


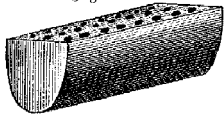
Fig. 848.



muß nebst dem Sicherheitsventile einen Probirhahn haben, um sich bei allenfalligem anderen Gebrauche vom Wasserstande überzeugen zu können, der, wie immer, nicht unter die Feuerfläche sinken darf, sodann einen Dampfahh, und ein einschraubbares Thermometer. Das Thermometer muß so gerichtet wer-

den, daß sein Siedepunkt außerhalb des Kessels sich befindet, seine Skale braucht nur bis etwa 160° zu gehen, und kann allenfalls auch nur von 5 zu 5 Graden getheilt sein; es wird mit Wernigkitt in seine Fassung befestigt. Richtet man zu diesem Kessel einen auf vier Glasfüßen ruhenden Feuerbehälter, wie Fig. 847 und 848, her, so kann man denselben auch zu elektrischen Versuchen brauchen. Dieser Feuerbehälter wird ganz einfach aus einem gebogenen Eisenblech gemacht, dessen vorderer Rand *aa*, Fig. 848, etwas nach Innen umgebogen wird; hinten schließt es um den Kessel und geht in ein kurzes Kamin über, das unter einem anderen gut ziehenden Kamine endet. Ein altes, in einem mäßig stumpfen Winkel gebogenes Feuerrohr braucht nur an einem Schenkel nahe am Winkel \rightarrow förmig aufgeschnitten und an den beiden Lappen aufgebogen zu werden, um hierfür brauchbar zu sein. Läßt man vom Schlosser ein eigenes Blech richten, so wird es über dem Roste geschlossen und mit einem Thürchen versehen. Wenn man ein in den Feuerbehälter passendes Blechgefäß, das oben eben ist und etwa 12 bis 20 Löcher hat, machen läßt, so kann man dieses als Weingeistlampe brauchen, indem man in jedes Loch einen starken Docht steckt. Wenn das Gefäß etwa $\frac{1}{2}$ Liter Weingeist faßt, so reicht es bei den angegebenen Dimensionen schon zu einer Reihe von Versuchen, besonders wenn man den Kessel mit heißem Wasser füllt. Man hat dann den Vortheil, den Apparat im Unterrichtslocale brauchen zu können. Fig. 849 zeigt ein solches Gefäß. Daß man sich immer überzeugen müsse, ob bei diesen Versuchen nicht bereits zu viel

Fig. 849.



Wasser verdampft sei, ob also der Kessel noch bis über die Feuerfläche Wasser habe, ist eine bekannte Vorsichtsmaßregel. Allein bei so kleinen Dimensionen ist ein Wasserstandsrohr nicht anwendbar und der Probirhahn giebt bei höherem Drucke scheinbar immer

Dampf, da das sehr heiße Wasser bei seinem Austritte verdampft; fährt man aber mit der flachen Hand durch den Dampfstrom, so zeigt die starke Benetzung derselben ziemlich sicher, ob tropfbares Wasser noch mit auströmt, da sich nicht alles Wasser in Dampf verwandelt.

Wollte man an dem Kessel eine Oeffnung zur Reinigung haben, oder um zu anderen Versuchen Gegenstände in denselben bringen zu können, so dürfte es bei so kleinen Dimensionen am einfachsten sein, in das obere Ende einen starken eisernen Ring einzunieten und auf diesen durch Schrauben eine Eisenplatte zu

Fig. 850.

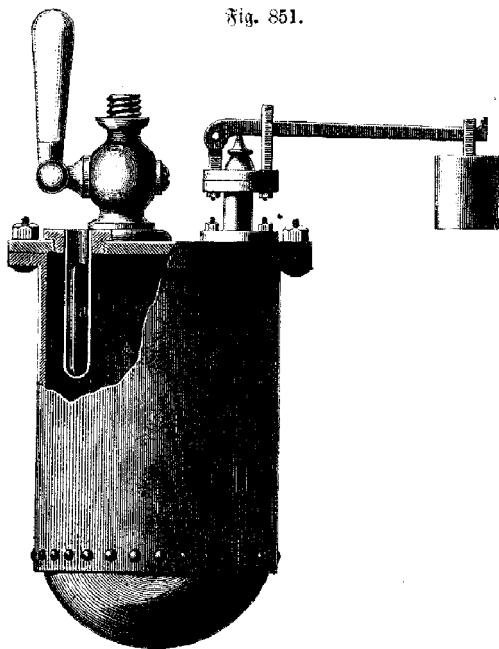


befestigen, welche den Probirhahn trägt, wie Fig. 850 zeigt.

Diese allgemeinen Angaben über die Verfertigung genügen, da man sich in diesem Betreff doch an Jemanden wenden muß, der in solchen Arbeiten geübt ist.

Für die hierher gehörigen Versuche berechnet man zuerst das Gewicht, welches nach der Ventilweite für jede Atmosphäre erforderlich ist, legt den Kessel unter die Wage, hängt den Hebel des Ventils an seinem Druckpunkte auf, und verrückt den Läufer, bis er dem in die andere Wagenschale gelegten Gewichte Gleichgewicht hält; die jeder halben Atmosphäre zukommende Stelle des Gewichtes wird auf dem Hebel vorläufig bezeichnet. Da, wo die Ventilöffnung und die Sitzfläche des Ventils zusammenstoßen, müssen sie eine scharfe Ecke bilden und die Weite muß hier sehr genau gemessen werden. Man setzt sodann das Thermometer ein, und heizt nun den Kessel bei verschiedener Belastung des Ventils jedesmal bis zum eigentlichen Abblasen des letzteren, nicht nur bis etwa da und dort Dampf unter ihm herausdringt, und controlirt so die Belastung des Ventils, bevor man die Zeichen definitiv auf dem Hebel einhaut. Auf ähnliche Weise werden dann auch die Versuche gemacht, und gezeigt, wie mit dem Drucke die Siedhöhe steigt. Wollte man nicht zugleich auf anderweitige Be-

Fig. 851.



nutzung sehen, so wäre es einfacher, dem Apparate die Form wie Fig. 851 zu geben. An dieser Figur ist das Thermometer nicht zum Einschrauben, sondern es ist in den Deckel eine kurze eiserne Röhre geschraubt, in welche Queck-

silber kommt, und in dieses steckt man ein Thermometer. Einen passenden Ofen von Blech wird man leicht zu einem solchen Papinianischen Topfe erhalten, und auch ein dazu passendes Gefäß, um mit Weingeist zu heizen.

Der Leidenfrost'sche Versuch. Man nimmt einen aus dünnem Silber- oder besser Platinblech getriebenen runden flachen Löffel von 2 Centimeter Durchmesser, Fig. 852, den man mit einem einige Zoll langen eisernen

Fig. 852.



Stiele versteht, macht ihn über der Weingeistlampe glühend und läßt dann aus einer Glasröhre einen Tropfen Wasser darauf fallen. Wenn die Weingeistflamme recht brennt, kann man bald nacheinander mehrere Tropfen auf den Löffel bringen. Bleibt der

Löffel auf dem Feuer, so verdunstet das Wasser unter fortwährender zitternder und rotirender Bewegung, wobei größere Tropfen oft eine fast eckige Gestalt annehmen, sehr langsam, und das letzte kleine Kügelchen verpufft auf einmal. Eine kupferne flache Schale von 2 bis 3 Zoll Durchmesser und etwa 3 Millimeter Dicke ist ganz besonders geeignet, wenn man größere Wassermengen verwenden will, weil sich die Erscheinung auf Kupfer schon bei niedrigerer Temperatur zeigt als bei Platin, und die dicke Kupfermasse durch das allmähliche Zusetzen des Wassers nicht zu sehr abgekühlt wird. Allein man muß hierfür die senkrecht sehr starke Flamme der Glasbläserlampe verwenden, um die erforderliche Hitze zu erhalten. Man kann Wassermassen von 1 bis 2 Zoll Durchmesser anhäufen. Nimmt man aber den Löffel vom Feuer, so zeigt das Wasser bald, nachdem die Glühhitze aufgehört hat, Abhäufung zum Löffel und verdampft unter Aufstoßen sehr rasch; gleiches geschieht, wenn der Löffel beim Auftropfen des Wassers zu stark abgekühlt wird. Auch auf anderen Metallen, selbst auf Glas, zeigen sich die gleichen Erscheinungen. Mit einem silbernen Kaffeelöffel läßt sich der Versuch auch wohl machen, wenn die Weingeistlampe gut brennt. In einer größeren Platinschale gelingt der Versuch besonders schön, nur muß sich dieselbe auf einem sehr lebhaft brennenden Kohlen- oder Gasfeuer befinden. In einem Platintiegel kann man so viel Wasser anhäufen, daß ein Thermometer hineingesenkt werden kann, es zeigt 76 bis 79° N., wenn der Versuch längere Zeit dauert. Will man die zitternden Bewegungen und die eckigen Figuren, welche der Tropfen annimmt, gut sehen, so muß der Löffel an irgend einem passenden Stativ befestigt werden; Schalen oder Tiegel kommen auf die gewöhnlichen Gestelle mit einschraubbaren Ringen, wie Fig. 815. Auch mit anderen Flüssigkeiten als mit Wasser kann der Versuch angestellt werden.

Hierher gehören nun vielleicht auch die Versuche, wo man mit der Hand durch geschmolzene Metalle fährt. Geschmolzenes Eisen hat man freilich nicht so leicht zur Hand; wenn man aber in einer einige Zoll tiefen eisernen Pfannen-

schale ein gehöriges Quantum Blei schmiltzt (10 bis 20 Pfund), so kann man ohne alle Beschädigung mit der Hand ein wenig darin rühren und verspürt sogar eine Abkühlung, wenn man die Hand mit Aether befeuchtet hat.

387 **Hygrometer.** Unter diesem Namen begreift man alle Instrumente, welche uns über den Gehalt der atmosphärischen Luft an Wassergas Anzeigen geben. Sie zerfallen in zwei Abtheilungen. In die erste Abtheilung gehören zwei Instrumente, welche den Feuchtigkeitsgrad der Luft direct angeben, d. h. kundthun, ob die Luft mehr oder weniger mit Wassergas gesättigt sei, worauf man dann mit Hülfe eines Thermometers einen Schluß auf die Menge des vorhandenen Wassergases machen kann; die Instrumente der anderen Art lassen einen directen Schluß auf die Menge des Wassergases zu und der Feuchtigkeitszustand wird erst mit Hülfe des Thermometers erkannt.

Zu der ersten Abtheilung gehören alle die Spielereien, wo eine Darmsaite von etwa 2 bis 3 Zoll Länge einerseits befestigt wird und andererseits einen Zeiger trägt. Gewöhnlich ist irgend eine menschliche Figur gewählt, auf deren Rückseite ein Federkiel befestigt ist; in diesem steckt die Saite und ist am abgewendeten Ende des Kiels befestigt, während das vordere Ende der Saite durch die Figur reicht und den einen Arm derselben trägt, welcher nun durch seine Bewegung als Zeiger dient. Skalen haben diese Dinge nicht.

Außer diesen Spielereien gehören hieher das Holz-, Fischbein- und Haarhygrometer. Alle drei haben eine in 100 Theile getheilte Skale. Den Nullpunkt erhält man, indem man das Instrument zugleich mit Chlorcalcium oder Nordhäuser Schwefelsäure unter eine Glasglocke bringt und den Ort des Zeigers bemerkt, wenn derselbe einen festen Stand angenommen hat, was in sechs Stunden geschehen sein muß. Der Punkt 100 ist der Punkt der größten Feuchtigkeit, und man erhält ihn, indem man das Instrument mit nassem Fließpapier unter eine Glasglocke bringt. Es ist unrichtig, wenn man, wie wohl auch und namentlich von de Luc vorgeschrieben wird, das ganze Instrument in Wasser taucht, um den Punkt der größten Feuchtigkeit der Luft zu erhalten.

a) Das Holzhygrometer. Fig. 853 und 854 zeigen dasselbe in Grund- und Aufsicht. Auf einem Brettchen *aa* sind zwei hölzerne Stäbe vertical eingeleimt, welche auf der einander zugekehrten Seite Nuthen haben, in welche das nur höchstens 1 Linie dicke tannene Brettchen *cc* geschoben ist; es wird von feinfaserigem affreiem Holze genommen und muß in den Nuthen vollkommen frei beweglich sein. Auf einen der Stäbe ist ein Blech *d* befestigt, auf dessen Rückseite sich ein Zapfen *e*, Fig. 855, befindet. An dem ersten Absatz steckt lose ein Zeiger, und dieser wird durch ein Ringchen *f* zurückgehalten, welches auf den zweiten Absatz des Zapfens gesteckt und über dem derselbe vernietet wird. Der Zeiger muß frei beweglich sein und ruht mittelst eines nahe

am Drehpunkte eingenieteten Zapfens auf dem Brettchen *c*, welches folglich den Zeiger hebt, wenn es sich in Folge der Feuchtigkeit ausdehnt; zieht es sich aber

Fig. 853.

Fig. 855.

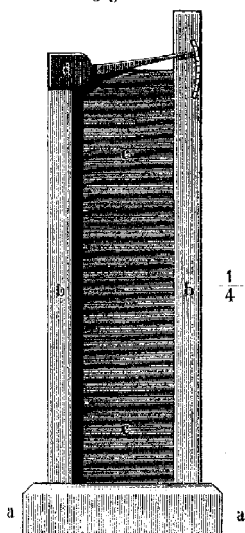


Fig. 854.



Fig. 856.

Fig. 857.



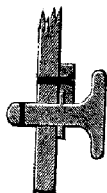
zusammen, so sinkt der Zeiger durch seine eigene Schwere nach. Auf dem anderen Stabe wird dann die Skale verzeichnet.

b) Das Haarchygrometer ist unter allen das brauchbarste, da man den hygroskopischen Körper, ein durch Kochen mit schwacher alkalischer Lauge entsetztes, nicht krauses, am besten blondes Menschenhaar, immer wieder leicht bekommen kann; ein solches Haar dehnt sich vom Zustande der größten Trockenheit bis zu jenem der größten Feuchtigkeit um etwa $\frac{1}{50}$ seiner Länge aus. Fig. 856 und 857 zeigen ein solches Instrument in $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{3}$ der natürlichen Größe (Fig. 856 von der Rückseite). In einem messingenen Rahmen *aa*, der noch in einen hölzernen gesetzt wird, welcher mit Glasschiebern versehen ist, befindet sich oberhalb einerseits ein kleines Zifferblatt *b* und andererseits der Flügel *c*, sie tragen mit einander die Zapfen einer Welle, deren Umfang etwas mehr als $\frac{1}{50}$ der Länge des Haares beträgt; an dem Zapfen auf der Seite des Zifferblattes ist durch Reibung ein Zeiger in seinem Schwerpunkte aufgesteckt. Am

Frick's physikalische Technik.

anderen Ende des messingenen Rahmens befindet sich ein Nagel, der durch Reibung feststeht und noch, wie in Fig. 858, durch einen Baum gehalten wird.

Fig. 858. Man kann nun das Haar direct an diesem Nagel befestigen, sein anderes Ende um die Welle schlingen und ein kleines Gegengewicht von etwa 15 Centigramm daran binden, so wäre das Instrument fertig bis auf die bereits angegebene Graduierung. Statt des Gegengewichtes, welches beim Transporte des Instrumentes stört, kann man auch eine feine Spiralfeder aus Silberlahn, wie die Figur zeigt, anbringen; sie muß aber etwas lang genommen werden, um für die ganze Länge der Bewegung ziemlich gleichen, jedenfalls 15 Centigramm nicht übersteigenden Widerstand zu geben,



weil sich sonst das Haar strecken würde. Wird das Haar auf die angegebene Art selbst um die Welle geschlungen, so ist man unsicher über die Theilnahme des umschlungenen Antheils an der hygroskopischen Wirkung, und es könnte auch

Fig. 859. ein Gleiten des Haares auf der Welle stattfinden; man pflegt darum meistens die Enden des Haares in Klemmen, wie sie Fig. 859 in natürlicher Größe zeigt, zu fassen, und von diesen Seidenfäden an den unteren Nagel und die Welle zu führen. Will man das Gleiten auf der Welle verhüten, so giebt man ihr, wie in Fig. 856, einen doppelten



Einschnitt, so daß der Grund noch den oben angegebenen Umfang hat, und führt einen besonderen Faden zur Feder. Die Enden der Fäden lassen sich leicht auf der Rolle befestigen, wenn dieselbe ebenso wie der untere Nagel durchbohrt ist. Es hat dieses noch den Vortheil, daß man, wenn neues Haar eingezogen wird, die Länge desselben so lange ändern kann, bis es wieder den festen Punkten entspricht.

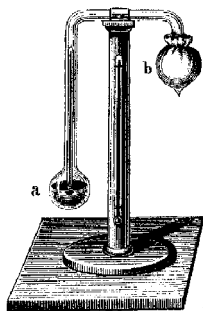
c) Das Fischbeinhygrometer ist im Wesentlichen eingerichtet, wie das Haarhygrometer; der Fischbeinstreifen wird aber nur etwa $\frac{2}{3}$ so lang genommen als das Haar; er soll nicht über 2 Millimeter breit und senkrecht zur Richtung der Fasern geschnitten sein. Im ungeschleiften Zustande bekommt man aber das Fischbein nur schwer, und es ist schon darum kein sehr passendes Material für ein Hygrometer.

Man hat sich viele Mühe gegeben, die Anzeigen dieser Instrumente vergleichbar zu machen und selbst Mikrometerschrauben und dergl. daran angebracht; wenn man aber bedenkt, daß sie alle ihre hygroskopische Eigenschaft allmählig verlieren, und selbst Haarhygrometer, welche in den festen Punkten übereinstimmen, dennoch in den zwischenliegenden Theilen der Skale von einander abweichen, so erscheint es überflüssig, an weitere Vervollkommnungen zu denken, und die Tabellen hier anzuführen, welche den Wassergehalt der atmosphärischen Luft angeben, der einzelnen Graden des Haarhygrometers je nach der Temperatur entspricht, da die folgenden Instrumente die wünschenswerthe Genauigkeit,

verbunden mit Beständigkeit, besitzen, während eine solche Tabelle genau genommen immer nur für ein bestimmtes Instrument gilt. Jedenfalls werden beim wirklichen Gebrauche die oben erwähnten Glaseschieber geöffnet. Stimmen bei der von Zeit zu Zeit erforderlichen Untersuchung die festen Punkte nicht mehr, so müssen die Beobachtungen corrigirt, und wenn die Differenz zu groß wird, die hygroskopische Substanz gewechselt werden.

d) Das Schwefelätherhygrometer. Fig. 860 zeigt dasselbe und man wird gut thun, es stets aus zuverlässiger Hand fertig zu kaufen. Die Skale

Fig. 860.



des in der längeren Röhre eingeschlossenen Thermometers wird jetzt gewöhnlich von Glas gemacht und mit dem oberen Ende des Thermometers zusammengeschnitten; sie muß in der Röhre feststehen und letztere bekommt darum unten gegen die Kugel hin eine Verengung. Die Kugel des Thermometers muß in den Schwefeläther reichen, darf aber nicht auf dem Boden der Glaskugel aufsitzen. Um die Mitte der Kugel *a* wird eine 2 bis 3 Linien breite Zone vergoldet, und die Kugel muß so viel Schwefeläther enthalten, daß derselbe mindestens bis auf die Mitte der vergoldeten Zone reicht. Die Kugel *b* wird mit Mouffelin oder feiner Leinwand um-

hunden. Das Stativ trägt ebenfalls ein Thermometer; beide Thermometer sind nach Celsius getheilt. Das Ganze wird durch Auskochen luftleer gemacht.

Beim Gebrauche gießt man so viel Schwefeläther auf die Kugel *b*, daß ihr Ueberzug vollständig naß wird, aber nicht etwa noch Tropfen an der Spitze der Kugel hängen bleiben. Ein Fläschchen wie Fig. 861, in dessen Pfropf sich

Fig. 861.



ein gebogenes und spitz ausgezogenes Glasrohr befindet, ist hierzu sehr bequem, da die Wärme der Hand hinreichend Schwefeläther aus demselben austreibt. Man beobachtet nicht nur die Temperatur, bei welcher der Beschlag auf dem Goldbreif sich bildet, sondern auch jene, bei welcher er wieder verschwindet; das Mittel aus beiden ist der Thaupunkt. Nach dem Versuche bringt man durch Reigen des Instrumentes den in *b* condensirten Aether wieder nach *a*. Soll die Beobachtung genau werden, so muß sie durch ein Fernrohr gemacht werden, weil der lange Aufenthalt dicht an dem Instrumente die Angaben unsicher macht. Die Tabelle

auf folgender Seite giebt den Gehalt der Luft an Wasserdampf und seine Spannkraft für die Temperaturen von -20 bis $+40^{\circ}$ C. an.

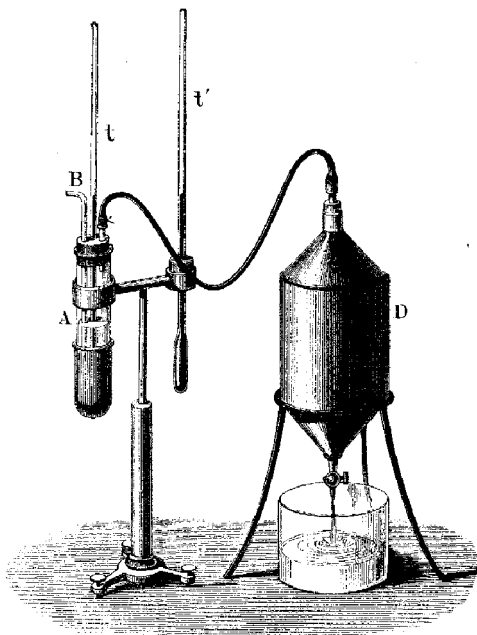
Tempera- tur des Thau- punktes.	Entspre- chende Spann- kraft des Wasser- dampfes.	Gewicht des Wasser- dampfes in 1 Cubik- meter Luft.	Tempera- tur des Thau- punktes.	Entspre- chende Spann- kraft des Wasser- dampfes.	Gewicht des Wasser- dampfes in 1 Cubik- meter Luft.
— 20°	mm 1,3	gr 1,5	19°	mm 16,3	gr 16,2
— 15	1,9	2,1	20	17,3	17,1
— 10	2,6	2,9	21	18,3	18,1
— 5	3,7	4,0	22	19,4	19,1
0	5,0	5,4	23	20,6	20,2
1	5,4	5,7	24	21,8	21,3
2	5,7	6,1	25	23,1	22,5
3	6,1	6,5	26	24,4	23,8
4	6,5	6,9	27	25,9	25,1
5	6,9	7,3	28	27,4	26,4
6	7,4	7,7	29	29,0	27,9
7	7,9	8,2	30	30,6	29,4
8	8,4	8,7	31	32,4	31,0
9	8,9	9,2	32	34,3	32,6
10	9,5	9,7	33	36,2	34,3
11	10,1	10,3	34	38,3	36,2
12	10,7	10,9	35	40,4	38,1
13	11,4	11,6	36	42,7	40,2
14	12,1	12,2	37	45,0	42,2
15	12,8	13,0	38	47,6	44,4
16	13,6	13,7	39	50,1	46,7
17	14,5	14,5	40	53,0	49,2
18	15,4	15,3			

Aus der Temperatur, welche das äußere Thermometer angiebt, findet man die Spannkraft, welche der Wasserdampf höchstens annehmen könnte, und der Quotient aus dieser in die nach Angabe des inneren Thermometers wirklich vorhandene Spannkraft giebt den Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre an.

e) Das Schwefelätherhygrometer, nach Regnault. Weil Glas die Wärme schlecht leitet, so hat die Vergoldung des Daniell'schen Schwefelätherhygrometers nicht genau dieselbe Temperatur, welche das innere Thermometer angiebt, und darum hat neuerlich Regnault, und früher schon Döbereiner,

folgende Abänderung angegeben. An eine Glasröhre *A*, Fig. 862, ist ein Gefäß aus dünnem, hellpolirtem Silberblech von circa 2 Centimeter Weite und 4 Centimeter Höhe fest aufgestreift,

Fig. 862.



welches mit Schwefeläther gefüllt wird; andererseits ist die Röhre *A* durch einen Kork geschlossen, durch welchen ein Thermometer *t* und eine Glasröhre *B* bis in den Schwefeläther reichen, während eine zweite Glasröhre nicht länger als der Kork ist. Bläst man nun durch *B* mit dem Munde, so verdampft der Aether und erkaltet dadurch auch das Silberblech, auf welchem man dann den Beschlag beobachten kann, sowie die Temperatur, bei der er stattfindet, während ein zweites Thermometer die Temperatur der Luft anzeigt.

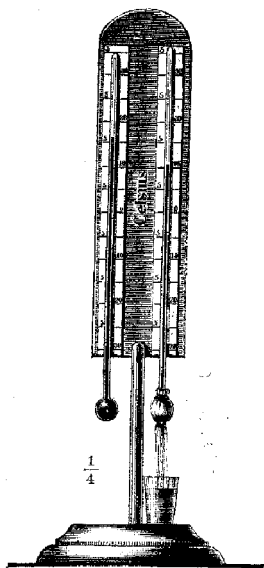
Zweckmäßiger ist es, den Apparat an einem Stativ zu befestigen und die Luft

durch einen Aspirator durchsaugen zu lassen, wie die Figur zeigt. Der Aspirator ist ein bloßes Blechgefäß, welches mit Wasser durch die obere Oeffnung gefüllt wird; die untere Oeffnung ist mit einem Hahne versehen und durch diesen regulirt man den Abfluß des Wassers, also auch den Zufluß der Luft, welcher durch den Schwefeläther stattfinden soll, indem man die obere Oeffnung des Blechgefäßes durch Kautschuk mit der kurzen Glasröhre des Hygrometers verbindet. Anstatt eines solchen besonderen Aspirators kann man jede Glasflasche gebrauchen, welche nach §. 127 und Fig. 283 als Mariotte'sches Gefäß mit Heber eingerichtet ist; der Heber dient als Ausflußrohr, die Luströhre wird mit dem Hygrometer verbunden und dient zugleich zur Regulirung des Ausflusses. Dadurch wird es möglich, sich ohne große Kosten mit Ausnahme des silbernen Rapses den ganzen Apparat selbst zu machen.

f) Das Psychrometer. Bei diesem Instrumente müssen die Thermometer noch empfindlicher sein als beim vorhergehenden und sollen mindestens in

halbe Grade getheilt werden. Man muß sich jedenfalls durch genaue Versuche von der Richtigkeit der festen Punkte und der Uebereinstimmung beider Thermometer, sowie von der Richtigkeit der Theilung überzeugen. Beide Thermometer müssen an einem gemeinschaftlichen Gestelle so befestigt sein, daß die Kugeln beider unterhalb frei werden. Die unentwickelte Kugel wird auch hier nur so befeuchtet, daß kein Wassertropfen an derselben hängt, und es scheint am zweckmäßigsten, zur Unwicklung ein so langes Stückchen Baummollenzug oder besser

Fig. 863.



feine Leinwand zu nehmen, daß es von dem Thermometer bis in ein darunter gesetztes Gefäß mit Wasser reicht; das Zeug wird dann um die Kugel gewickelt und über und unter derselben gebunden. Die Kugel bekommt so durch Capillarität die erforderliche Feuchtigkeit. Allein auch bei reinem Wasser hört dieses nach einiger Zeit auf und man muß eben frisches Zeug unwickeln, was ja keine große Arbeit ist. Fig. 863 zeigt ein solches Psychrometer. Das Instrument soll beim Gebrauche in freier Luft hängen und keinem starken Zugwinde ausgesetzt sein; unter diesen Umständen läßt sich die Spannung x des Wasserdampfes nach folgender Formel berechnen:

$$x = f - 0,00778 (t - t') b,$$

worin f die Spannung des gesättigten Wasserdampfes bei der Temperatur t' in Millimetern, t' die Temperatur des nassen, t jene des trocknen Thermometers nach Celsius, b den auf 0 reducirten Barometerstand enthält. b hat selten

mehr Einfluß als 0,1 Millimeter, und man kann darum, wo nicht die letzte Genauigkeit verlangt ist, den mittleren Barometerstand nehmen und den Factor b mit der anderen Constante vereinigen; für $b = 740$ wird dann

$$x = f - 0,574 (t - t').$$

Will man die Menge y des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes erhalten, und bezeichnet q diese Menge für t' , so ist *)

$$y = q - 0,65 (t - t').$$

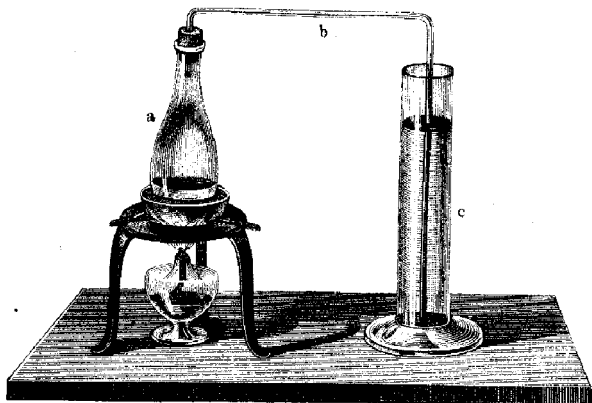
Die folgende Tabelle enthält diese Mengen, schon berechnet für die psychrometrischen Differenzen von 0 bis 12° und die Lufttemperatur von - 20 bis + 35° C.

*) S. Tabelle auf Seite 612.

Temperatur der Luft.	Differenz des trockenen und befeuchteten Thermometers.												
Grade nach Celsius.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
— 20	1,5	0,8	0,1										
— 19	1,6	0,9	0,2										
— 18	1,8	1,0	0,3										
— 17	1,9	1,1	0,4										
— 16	2,0	1,2	0,5										
— 15	2,1	1,4	0,6										
— 14	2,3	1,5	0,8										
— 13	2,4	1,6	0,9	0,1									
— 12	2,6	1,8	1,0	0,3									
— 11	2,7	2,0	1,2	0,4									
— 10	2,9	2,1	1,3	0,6									
— 9	3,1	2,3	1,5	0,7									
— 8	3,3	2,5	1,7	0,9	0,1								
— 7	3,5	2,7	1,9	1,1	0,3								
— 6	3,7	2,9	2,1	1,3	0,5								
— 5	4,0	3,1	2,3	1,5	0,7								
— 4	4,2	3,4	2,5	1,7	0,9	0,1							
— 3	4,5	3,6	2,8	1,9	1,1	0,3							
— 2	4,8	3,9	3,0	2,2	1,4	0,5							
— 1	5,1	4,2	3,3	2,4	1,6	0,8							
0	5,4	4,5	3,6	2,7	1,9	1,0	0,2						
+ 1	5,7	4,7	3,8	2,9	2,1	1,2	0,4						
+ 2	6,1	5,1	4,1	3,2	2,3	1,4	0,5						
+ 3	6,5	5,4	4,4	3,4	2,5	1,6	0,7						
+ 4	6,9	5,8	4,8	3,7	2,7	1,8	1,0						
+ 5	7,3	6,2	5,1	4,1	3,1	2,1	1,2	0,3					
+ 6	7,7	6,6	5,5	4,5	3,4	2,4	1,4	0,5					
+ 7	8,2	7,0	5,9	4,9	3,8	2,8	1,8	0,8					
+ 8	8,7	7,5	6,4	5,3	4,2	3,2	2,1	1,1	0,2				
+ 9	9,2	8,0	6,9	5,7	4,6	3,6	2,5	1,5	0,5				
+ 10	9,7	8,5	7,3	6,2	5,1	4,0	2,9	1,9	0,9				
+ 11	10,3	9,1	7,9	6,7	5,6	4,4	3,3	2,3	1,2	0,2			
+ 12	10,9	9,7	8,4	7,2	6,0	4,9	3,8	2,7	1,7	0,6			
+ 13	11,6	10,3	9,0	7,8	6,6	5,4	4,3	3,1	2,1	1,0			
+ 14	12,2	10,9	9,6	8,3	7,1	5,9	4,8	3,6	2,5	1,4	0,4		
+ 15	13,0	11,6	10,3	9,0	7,7	6,5	5,3	4,1	3,0	1,9	0,8		
+ 16	13,7	12,3	10,9	9,6	8,3	7,0	5,8	4,6	3,5	2,4	1,3	0,2	
+ 17	14,5	13,1	11,6	10,3	9,0	7,7	6,4	5,2	4,0	2,9	1,7	0,7	
+ 18	15,3	13,8	12,4	11,0	9,6	8,3	7,0	5,8	4,6	3,4	2,2	1,1	
+ 19	16,2	14,7	13,2	11,7	10,3	9,0	7,7	6,4	5,1	3,9	2,8	1,6	
+ 20	17,1	15,5	14,0	12,5	11,1	9,7	8,3	7,0	5,8	4,5	3,3	2,2	
+ 21	18,1	16,5	14,9	13,4	11,9	10,5	9,1	7,7	6,4	5,1	3,9	2,7	
+ 22	19,1	17,4	15,8	14,2	12,7	11,2	9,8	8,4	7,1	5,8	4,5	3,3	
+ 23	20,2	18,5	16,8	15,2	13,6	12,1	10,6	9,2	7,8	6,4	5,2	3,9	2,5
+ 24	21,3	19,5	17,8	16,1	14,5	12,9	11,4	10,0	8,5	7,2	5,8	4,5	3,1
+ 25	22,5	20,6	18,9	17,1	15,5	13,8	12,3	10,8	9,3	7,9	6,5	5,2	3,9
+ 26	23,8	21,8	20,0	18,2	16,5	14,8	13,2	11,6	10,1	8,7	7,3	5,9	4,6
+ 27	25,1	23,1	21,2	19,3	17,5	15,8	14,2	12,6	11,0	9,5	8,1	6,7	5,3
+ 28	26,4	24,4	22,4	20,5	18,7	16,9	15,2	13,5	11,9	10,4	8,9	7,5	6,1
+ 29	27,9	25,8	23,7	21,7	19,8	18,0	16,3	14,6	12,9	11,3	9,8	8,3	6,8
+ 30	29,4	27,2	25,1	23,0	21,1	19,2	17,4	15,6	13,9	12,3	10,7	9,1	7,7
+ 31	31,0	28,7	26,5	24,4	22,4	20,4	18,5	16,7	15,0	13,3	11,6	10,1	8,5
+ 32	32,6	30,3	28,0	25,8	23,8	21,7	19,8	17,9	16,1	14,3	12,7	11,0	9,4
+ 33	34,4	31,9	29,6	27,3	25,2	23,1	21,1	19,1	17,3	15,4	13,7	12,0	10,4
+ 34	36,2	33,7	31,2	28,9	26,7	24,5	22,4	20,4	18,5	16,6	14,8	13,1	11,4
+ 35	38,1	35,5	33,0	30,6	28,2	26,0	23,8	21,8	19,8	17,8	16,0	14,2	12,5

- 388 **Latente Wärme des Wasserdampfes.** Um die große Menge latenter Wärme zu zeigen, welche in dem Wasserdampfe enthalten ist, dient am besten der in Fig. 864 dargestellte Apparat. Man wiegt in den Cylinder *c* eine beliebige Quantität Wasser von bekannter Temperatur und setzt dann das

Fig. 864.



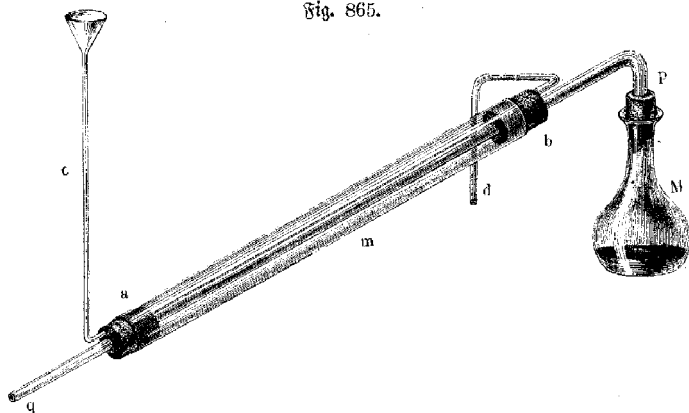
in dem Kochgefäße *a* enthaltene Wasser ins Kochen, noch bevor man das Rohr *b* in den Cylinder taucht; dieses Kochen unterhält man so lange, bis man annehmen darf, daß alle Luft aus dem Apparate angetrieben sei; wäre der Apparat in $\frac{1}{5}$ der wirklichen Größe abgebildet, so reichen dazu 2 bis 3 Minuten aus. Man taucht hierauf das Rohr *b* in den Cylinder, ohne aber das Gefäß ganz vom Feuer zu nehmen und das Kochen zu unterbrechen; man dreht das Rohr nur aufwärts. Der Wasserdampf verdichtet sich, und das Wasser steigt im Cylinder. Ist es etwa um $\frac{1}{10}$ vermehrt, so zieht man das Rohr *b* heraus und wiegt das Wasser wieder, nachdem man seine Temperatur bestimmt hat. Bei der letzteren Arbeit muß man ein Thermometer mit sehr kleiner Kugel anwenden und nur diese eintauchen, da man durch Eintauchen des Instrumentes mit seiner Skale der geringen Wassermenge viel zu viel Wärme entziehen, und dadurch einen größeren Fehler herbeiführen würde, als der ist, den man durch das Eintauchen bis zum Gipfel der Quecksilbersäule vermeiden will.

Die Rechnung ist einfach, wie folgendes Beispiel zeigt. Das Wasser wog vor dem Versuche 60 Gramm, nachher 66,1, die Temperatur war vor dem Versuche 12°C. , nachher $68,5$; die 60 Gramm Wasser wurden also um $56,5^{\circ}$ wärmer, also um $60 \cdot 56,5 = 3390$ Wärmeeinheiten; 6,1 Gramm Dampf wurden aber auch um $31,5^{\circ}\text{C.}$ kälter, gaben also $31,5^{\circ} \cdot 6,1 = 192$ Wärmeeinheiten an das andere Wasser ab, also rühren von der latenten Wärme nur 3198 Wärmeeinheiten her, welche 6,1 Gramm Dampf abgegeben haben, und

1 Gramm hat also 524 Wärmeeinheiten abgegeben. Obgleich man durch einen solchen Versuch, wegen des Verlustes an das Glas und die Luft, sowie wegen des Wassers, welches sich schon im Rohre *b* condensirt, stets die latente Wärme des Dampfes zu klein erhält, so ist derselbe gleichwohl sehr geeignet, das Factum an sich zu zeigen und auch einen annähernden Begriff von der Menge der im Wasserdampfe latenten Wärme zu geben.

Der Kühlapparat. Ein sehr einfacher und für kleine Arbeit sehr 389 brauchbarer Kühlapparat ist in Fig. 865 dargestellt, der zur Erläuterung der

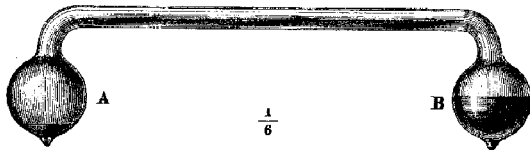
Fig. 865.



Wirkung solcher Apparate vorzüglich geeignet ist. Derselbe besteht aus einer etwa einen Zoll weiten und 1 bis $1\frac{1}{2}$ Fuß langen Glasröhre, in welche mitten hindurch eine zweite etwa $\frac{1}{4}$ Zoll weite Röhre gesteckt ist, die beiderseits darüber herausragt und durch gut passende Korkstöpsel geht; diese zweite Röhre ist auf der einen Seite, wo sie nur wenig vorsteht, etwas erweitert, auf der anderen Seite aber, wo sie 3 bis 4 Zoll vorsteht, etwas verengt; auf der letzteren Seite geht durch den Kork eine zweite, nur etwa eine Linie weite und 5 bis 6 Zoll lange Röhre hindurch, welche in einem etwas spitzigen Winkel gebogen ist und sich in einen kleinen Trichter endet. Am anderen Ende geht ebenfalls eine zweite zweimal rechtwinklig gebogene Röhre *d* durch den Kork. Diese beiden engen Röhren befinden sich einander gerade gegenüber. Man befestigt nun diesen Kühlapparat so, daß die Röhre mit dem Trichter senkrecht steht, daß also die Kühlröhre eine etwas geneigte Lage erhält, ihr oberes Ende aber doch noch niedriger liegt als der Trichter, und steckt in das erweiterte Ende der inneren Röhre den Hals einer kleinen Retorte, welche die zu destillirende Flüssigkeit enthält, oder das von einer kleinen Flasche *M* kommende gekrümmte Rohr. Durch

den Trichter füllt man Wasser ein, welches das weite Rohr erfüllt und, wie es allmählig warm geworden ist, durch *d* wieder abläuft, dadurch werden die in *M* erzeugten Dämpfe condensirt. Das Wasser kann man durch einen Heber von passender Weite aus einem höher stehenden Gefäße in den Trichter leiten und so den Zufluß nach Bedarf reguliren, oder statt des Hebers ein Mariotte'sches Gefäß anwenden.

- 390 Der Kryophor.** Er ist in Fig. 866 in etwa $\frac{1}{6}$ der natürlichen Größe abgebildet. Die Anfertigung des Glases geschieht wie beim Pulshammer.

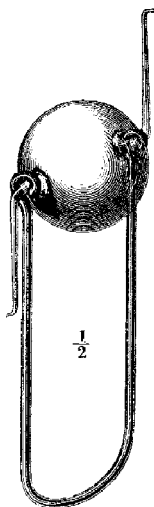


Auch hier zieht man an der Schweißstelle der Röhren dieselben in ein seitliches aus-
gespitztes Röhrchen aus, oder läßt eine solche Spitze an der einen Kugel. Zur
Füllung wird Wasser genommen und das Auslochen muß über einem breiten
Kohlenfeuer geschehen, damit die Röhre in ihrer ganzen Ausdehnung erhitzt werde.
Wenn das Kochen des Wassers lange genug gedauert hat, und die eine Kugel
von dem noch vorhandenen Wasser nicht mehr ganz zur Hälfte gefüllt wird,
schmilzt man die Oeffnung der Spitze mit dem Löthrohre an der Weingeistlampe
zu. Beim Versuche bringt man alles Wasser in die eine Kugel und taucht die
andere in eine Kältemischung aus gestoßenem Eis und Kochsalz, so daß sie und
ein Theil der Röhre gehörig damit bedeckt sind. Das Gefäß mit Kältemischung
kann man vorher mit Eis umgeben, namentlich wenn es etwas klein ist. Es ist
rathsam, den Versuch zu unterbrechen, sobald sich in der freien Kugel eine Eis-
schicht gebildet hat, weil beim gänzlichen Gefrieren des Wassers die Kugel leicht
zersprengt wird, was auch bei der Kugel in der Kältemischung gern geschieht.
Macht man den Versuch im Sommer, so muß man für Luftzug sorgen, damit
die Luft möglichst wenig von Wasserdämpfen gesättigt sei, was bei einem zahl-
reichen Auditorium leicht der Fall sein kann, doch sollte der Luftzug die Kugel
selbst nicht treffen.

D. Versuche zur Erläuterung der Dampfmaschine.

- 391 Heron's rotirende Kugel.** Man bläst eine etwas große Kugel
von Glas mit zwei Spitzen, die man durch einen Träger von Draht steckt und

wie Fig. 867 krümmt. Die Kugel wird erwärmt und dann durch Erkalten, indem man die eine Spitze mit dem Finger verschließt, eine kleine Portion Wasser hineingebracht. Bringt man nun das Wasser über der Weingeistlampe unter langsamem Drehen der Kugel zum Sieden, so fängt diese durch den Rückstoß der ausströmenden Dämpfe rasch zu laufen an. Es ist sehr gut, wenn man auch die Träger von Glas macht; in diesem Falle werden die Spitzen zuerst gebogen, dann der Träger aus zwei dünnen Glasstängeln gemacht, diese an die Kugel gesteckt und nachher erst im Bogen zusammen geschmolzen.

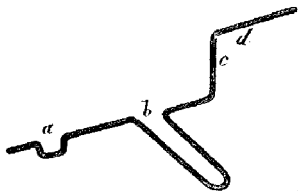


Die Dampfmaschine. Für die Erläuterung 392

der Lehre von der Dampfmaschine kommt es vor Allem darauf an, eine klare Vorstellung von der Steuerung zu geben, und für die Niederdruckmaschinen von der Wirkung des Condensators. In letzterer Beziehung darf man aber auf den in §. 381 beschriebenen Versuch zurückkommen.

Was nun die Steuerung betrifft, so genügt es, irgend eine der verschiedenen Vorrichtungen zu erläutern, wodurch der neue Dampf bald über, bald unter den Kolben gebracht und der ausgiebende stets wieder abgeleitet wird, also die Steuerung einer doppeltwirkenden Maschine zu berücksichtigen, da andere doch nur selten gebraucht werden. Am zweckmäßigsten wählt man hierzu die Schiebersteuerung als die gebräuchlichste, und construirt hierfür ein sogenanntes Durchschnittsmodell. Sehr einfach kann dieses auf folgende Weise eingerichtet werden. Man biegt zuerst einen etwa 1 bis 1 1/2 Linien dicken Eisendraht, wie Fig. 868, so, daß er zwei rechtwinklig zu

Fig. 868.

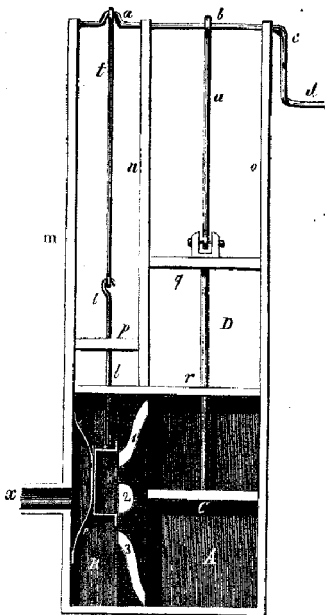


einander stehende Kurven *a* — *b* erhält und außerdem noch eine, *c* *d*, deren Stellung gegen die beiden anderen gleichgültig ist. Hierzu läßt man nun ein hölzernes Gefäß, wie Fig. 869 a. f. S., machen. Dasselbe besteht aus den beiden rechteckigen, etwa 1/2 Zoll tiefen Abtheilungen *A* und *B*, wovon erstere den Treibeylinder,

der, letztere aber den Schieberkasten vorstellt. Auf die zwischen beiden befindliche breite Scheidewand werden weiß in schwarz die Kanäle 1, 2, 3 gezeichnet, welche vom Schieberkasten zum Cylinder (1, 3) oder in die freie Luft, beziehungsweise zum Condensator führen (2). Die Breite, mit der sie sich in dem Schie-

berlasten öffnen, ist gleich der Länge der Kurbel *a*, und ebenso breit macht man die Lappen des Schiebers, da hier von Expansion u. dergl. keine Rede sein kann.

Fig. 869.



Der Schieber wird aus einem Messingstreifen oder auch aus Holz gemacht und dann gelb angestrichen, und durch eine gebogene, sich an die äußere Wand des Schieberkastens stemmende, auf den Schieber genagelte leichte Feder *ee* gegen die Scheidewand zwischen dem Schieberkasten und dem Cylinder gedrückt. Auf diesen beiden Kästen *A* und *B* befinden sich drei Leisten *m, n, o*, wovon *m* und *o* zugleich die äußeren Wände von *A* und *B* bilden; *n* und *o* sind vom Kasten *A* an so weit hinauf geschliffen, als der Kasten *A* lang ist; zwischen *m* und *n* befindet sich aber fest das Querstück *p*, um der Schieberstange *l* als Führung zu dienen. Zwischen *n* und *o* wird noch vor der Zusammen-

Fig. 870.



fügung das Querstück, Fig. 870, in den Schlitz eingesetzt, welches sich darin leicht verschieben läßt.

Der Kolben *C* besteht aus einem Stückchen Holz, und die hölzerne Kolbenstange *D* wird durch das Querstück *q* und eine bei *r* befindliche Oeffnung in den Kolben *C* gesteckt und in *q* und in *C* verleimt. Zuletzt macht man die beiden Gelenkstangen *t* und *u*, von denen letztere in der Zeichnung verkürzt erscheint, weil ihre Kurbel horizontal steht, aus starkem Drahte, und legt die Axt in Einschnitte der Leisten *m, n, o*, in welchen sie durch darüber eingeschlagene Drahtbügel gehalten wird. Die Schieberstange *l* wird aus Draht gemacht, unterhalb mit einer Schraube versehen, und der Schieber durch zwei Muttern so an der Stange befestigt, daß er bei horizontaler Stellung der Kurbel *a* auf der Mitte der Scheidewand zwischen *A* und *B* steht. Es ist am zweckmäßigsten, erst jetzt die Kanäle 1, 2, 3 aufzuzeichnen und sich dabei nach der Bewegung, die der Schieber wirklich macht, zu richten. Eine kleine Röhre *x* stellt das Dampfrohr vor. Dreht man nun an der Kurbel *cd*, so machen der Kolben und der Schieber die entsprechenden Bewegungen, so daß man diesen wichtigsten Theil der Dampfmaschine vollständig erläutern kann.

Könnte man bei *a* statt einer Kurbel eine excentrische Scheibe anbringen,

so hätte man auch Gelegenheit, diesen so viel gebrauchten Maschinenthail zu erläutern, wenn man nicht etwa an einem anderen Apparate eine solche hat. In diesem Falle könnte man dann die außerhalb des Schiebers befindliche Stütze der Aze weglassen und dafür die Aze etwas stärker nehmen. Daß man überhaupt ein solches Modell auch viel eleganter ausführen könne, als hier angegeben, versteht sich von selbst.

Zur weiteren Erläuterung der Dampfmaschinen dienen dann große Zeichnungen, wie sie bei Wassermann in Mannheim erschienen sind; vor Allem aber Demonstration an einer wirklichen Maschine und Durchschnittsmodelle aus Pappe mit beweglichen Theilen, wie sie jetzt bei allen Mechanikern, welche Schulapparate machen, zu finden sind.

Dampfmaschinenmodelle. Daß man irgend ein Mittel besitzen 393 müsse, um von der Wirkung einer Dampfmaschine eine möglichst richtige Vorstellung zu geben, ist außer Zweifel; ob aber hierzu ein wirkliches Modell einer Dampfmaschine nöthig sei, ist eine ganz andere Frage. Wer die Mittel dazu besitzt, wird gut thun, sich ein solches anzuschaffen; aber jedenfalls sind noch gar viele Dinge viel wichtiger und nothwendiger als ein solches Modell. Kann man aber wirklich sich bis zu dieser Anschaffung versteigen, so dürften folgende Punkte nicht zu übersehen sein.

a) Das Modell darf nicht in sogenannter Modellmanier ausgeführt sein, d. h. es darf nicht etwa bloß ein Maschinchen sein, an welchem, mit Umgehung alles dessen, was hierfür überflüssig ist, nur irgend ein Rädchen durch Dampf herumgetrieben wird, sondern es muß genau nach irgend einer bestehenden Dampfmaschine gearbeitet sein, und sogar nach einer der gebräuchlicheren Constructionen.

b) Die Disposition der gewählten Mustermaschine muß klar und übersichtlich sein und die Deckung des Schieberkastens durch Glas gestatten. Daß auch der Treibcylinder und die Pumpen von Glas seien, ist überflüssig. Die Zuhörer müssen die Pumpenconstruction bereits kennen, bevor von Dampfmaschinen die Rede sein kann.

c) Das Modell darf nicht in zu kleinem Maßstabe ausgeführt sein.

Beim Gebrauche handelt es sich mehr darum, die Wirkung der einzelnen Theile durch theilweise Zerlegung zu zeigen, als die Maschine wirklich arbeiten zu lassen. Will man dieses aber thun, so ist hierfür eine Compressionspumpe — Handfeuerspritze — zweckmäßiger als der Dampfkessel, weil es nicht rathsam ist, das Modell wieder ein Jahr lang stehen zu lassen, ohne es vollständig gereinigt zu haben, wenn es mit Dampf gebraucht wurde. Eine vollständige Reinigung ist aber sehr zeitraubend.

Die Locomotive. Eine der wichtigsten speciellen Formen der Dampf- 394 maschine bildet die Locomotive, und es wird beim physikalischen Unterrichte nicht wohl zu umgehen sein, die Einrichtung derselben in der Hauptsache auseinander zu setzen. Als Hauptsache erscheint aber hier die eigenthümliche Einrichtung des Kessels, sowie die Vorrichtung, um nach Belieben vor- und rückwärts fahren zu

können. Beides läßt sich durch das im Folgenden beschriebene Durchschnittemodell sehr gut erläutern.

Man läßt vom Schreiner aus hartem Holze einen Rahmen *aabb*, Fig. 871 und 872, machen, so daß das Modell in $\frac{1}{10}$ der wirklichen Größe ausgeführt wird.

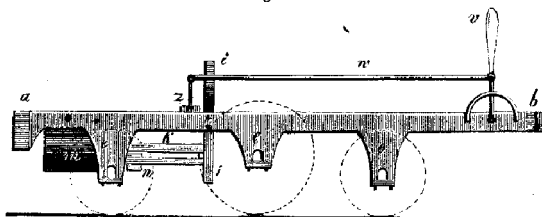
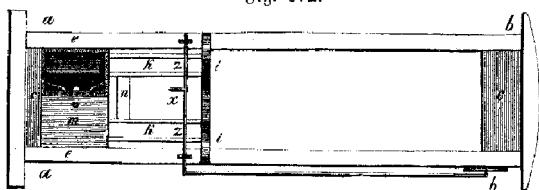


Fig. 872.



wird; *cc* sind nur Füllungen in demselben. Auf die vordere Seite wird zwischen den Rahmen ein Stück Holz *m* eingelassen, so daß es oberhalb bei *ee* mit dem Rahmen eben ist. Die Hälfte dieses Holzes arbeitet man als Durchschnitt des einen Cylinders *f*, Fig. 873, und des halben zwischen beiden Cylindern liegenden Schieberkastens *g* in der Art aus, wie Fig. 873 im Querdurchschnitte zeigt, indem man die vordere und hintere Wand stehen läßt; die obere Fläche wird durchweg so vertieft, wie im Durchschnitt Fig. 873, und dieses Holz durch Schrauben an seine Stelle befestigt. Für die Kolbenstange und die Schieberstangen werden entsprechende Löcher gebohrt. Auf die Scheidewand *h*, Fig. 873, zwi-

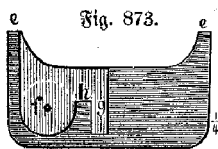


Fig. 873.



Fig. 874.

schen Schieberkasten und Cylinder werden die Dampfleitungen gezeichnet, wie bei dem in Fig. 869 dargestellten Modelle; jedoch auch hier erst ganz zuletzt. *ii* ist ein senkrecht in den Rahmen gesetztes Brett, wie Fig. 874, welches die erforderlichen Ausschnitte hat für die Gelenkstangen der Kolben und die von den excentrischen Scheiben kommenden Stangen; es wird ebenfalls durch Schrauben an seine Stelle befestigt. Zwischen dieses Brettchen und das Stück *m* werden die vier geschlitzten Schienen *k* gesetzt, wo-

von zwei als Führungen für die Kolbenstange dienen, da man überhaupt nur die halbe Maschine bearbeitet, und die anderen darum unbenützt bleiben; n ist ein zwischen zwei Schienen durch Schrauben eingefestetes Holz und dient als Führung für die Schieberstange; es ist darum aus zwei Hälften zusammengesetzt. Für die hölzernen Axen der hölzernen, nur als Scheiben gearbeiteten Räder sind in den Backen e, e, e , Fig. 871, Einschnitte gemacht, in welchen dieselben durch Querböhlzchen mittelst Schrauben zurückgehalten werden. Die Räder laufen außerhalb des Rahmens und werden auf ihre Axen aufgeleimt; die Treibräder werden etwas kleiner gemacht, damit man sie an einem darein geleimten Griffe frei drehen kann, wenn die Maschine auf den vier Laufrädern steht.

Die Treibaxe wird ganz aus möglichst festem Holze geschnitten, nicht zusammengeleimt, und die Länge der beiden rechtwinklig zu einander gestellten Kurbeln nach dem im Cylinder gegebenen Kolbenhube bestimmt. Als Kolben dient eine dünne hölzerne Scheibe. Die excentrischen Scheiben werden aus Holz gemacht und müssen darum etwas größer, als das richtige Verhältniß erfordern würde, genommen werden, da der Rand nirgends zu schwach werden darf; auf ihrem Umfange erhalten sie keine Rippe, sondern Rinnen, um in diesen die einfach aus Draht gemachten Ringe laufen zu lassen. Man richtet die Oeffnung für die Axe so, daß die Holzfasern senkrecht zu der Linie durch die Mittelpunkte laufen, spalt-

Fig. 875.

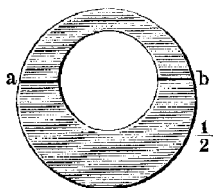
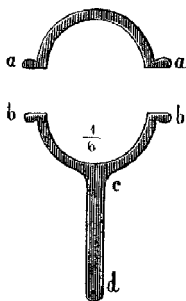


Fig. 876.



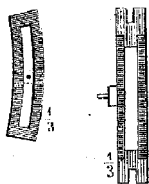
tet die Scheiben nach der Linie ab , Fig. 875, und leimt sie auf die Axe, so daß die Verlängerung der Schieberstange zwischen beiden dicht aneinander liegenden Scheiben durchgeht. Die Excentricität beider kommt in eine gerade, zur Kurbelaxe senkrechte Stellung, da man hier von der Voreilung ganz Umgang nehmen kann.

Die Ringe aa, bb , Fig. 876, um die excentrischen Scheiben macht man von breit geschlagenem Drahte, und einen etwas stärkeren breit geschlagenen Draht ed löthet man an je einen eines jeden Paares; die Lappen aa, bb werden, wo sie an den Ring stoßen, etwas eingeseilt, um die beiden Ringstücke mittelst Binddraht um die Scheiben zusammenbinden zu können. Beide Stangen müssen um den halben Abstand der Rinnen in den excentrischen Scheiben gegen einander gekröpft werden, damit ihre Enden d in dieselbe verticale Ebene zu liegen kommen.

Die Hängetaschen fertigt man aus zwei Blechen, wie Fig. 877 a. f. S. die man an zwei Messing-

stücke, wie Fig. 878, nietet, in welchen letzteren die Stangen der excentrischen

Fig. 877. Fig. 878.



y und der Stange w gehoben und gesenkt werden kann.

In die Hängetasche wird die Schieberstange, Fig. 879, gesteckt, an welcher

Fig. 879.



die zwei Ansätze aa um einen Nagel drehbar sind. Letztere müssen in dem Schlitz der Hängetasche leicht, aber sicher auf- und niedergehen, also eingemirgelt werden. Soweit die Schieberstange in der Führung n , Fig. 872, läuft, ist sie viereckig. Der Schieber selbst besteht aus einem Messingstreifen, wie zu Fig. 869 bereits erklärt ist; die Feder bleibt hier weg. Fig. 880 und 881 zeigen die Theile nebst den Schiebern k und den Kur-

Fig. 880.

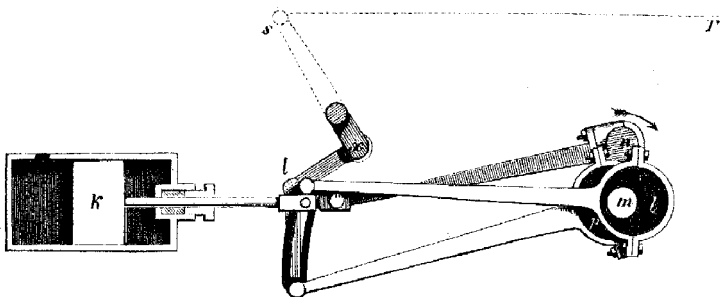
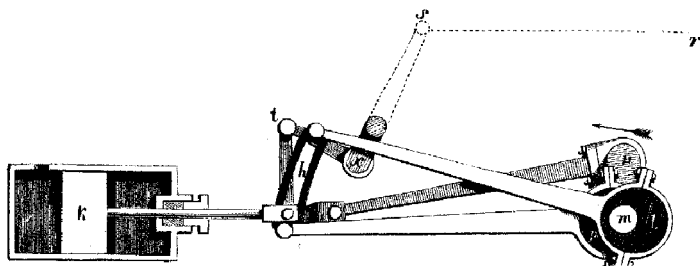


Fig. 881.



bein *n* in ihrer Zusammenfügung in zwei Stellungen, aber mit etwas geänderter Form der Hängetaschen.

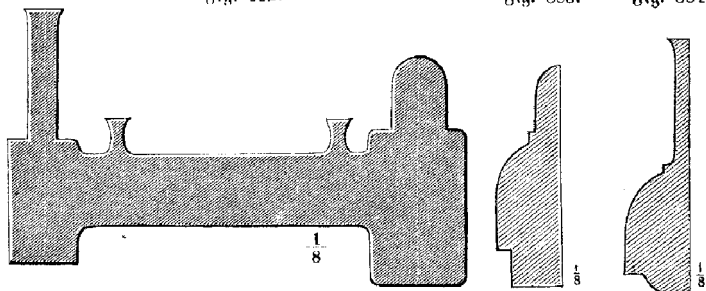
Kolbenstange und Gelenkstange werden, wie in §. 376 erklärt ist, gefertigt; nur fällt hier das Führungsstück der Kolbenstange kürzer aus, da die Schienen *kk* hier viel näher zusammen kommen als dort die Schienen *n o*. Die Speisepumpen sind für ein solches Modell überflüssig.

Auf den Rahmen setzt man ein halbrundes hölzernes Modell des Kessels sammt Feuerblöcke, Rauchkammer, Kamin und Dampfdorn, auf welches ein Pängendurchschnitt der inneren Einrichtung dieser Theile gezeichnet und gemalt wird. Fig. 882 zeigt die Fläche, welche bemalt wird, und die Figuren 883 und 884 sind

Fig. 882.

Fig. 883.

Fig. 884.



Durchschnitte dieses Stückes nach den in Fig. 882 angedeuteten Linien. Man ersieht aus letzteren, daß dieses Modell auf seiner runden Seite an dem Feuerkasten und der Rauchkammer einen Ansetz hat, womit es auf dem Rahmen *aabb*, Fig. 872, aufsteht, während der halbrunde Theil des Kessels in den halben Ausschnitt des Brettes, Fig. 874, zu liegen kommt. Geht dieses Modell nach den punktierten Linien auseinander, so kann man auch diese Flächen mit Papier beziehen und die betreffenden Durchschnitte darauf malen; die Stücke werden dann durch hölzerne Zapfen zusammen gesteckt.

In Vorstehendem sind nun allerdings die Ideen angegeben, nach denen man bei der Anfertigung eines solchen Durchschnittsmodells zu verfahren hat; die Ausführung setzt aber voraus, daß man mit allen Theilen einer Locomotive genau vertraut sei, und daß man irgend eine genaue Zeichnung einer solchen zu Grunde lege.

Zu weiterer Erläuterung der einzelnen Theile kann man größere Detailzeichnungen benutzen, wenn man nicht die Gelegenheit hat, an einer Eisenbahn-Hauptstation zu wohnen. Aber selbst in letzterem Falle wird ein solches Durchschnittsmodell zur vorläufigen Erläuterung derjenigen Theile, welche man ent-

weder gar nicht oder doch nicht in Thätigkeit sehen kann, von ausgezeichnetem Vortheile sein *).

Für die etwaige Anschaffung eines arbeitenden Modells der Locomotive gilt, was oben für die Dampfmaschine überhaupt gesagt wurde, nur ist dasselbe jedenfalls noch viel unnöthiger.

E. Versuche über die specifische Wärme.

395 Unter den verschiedenen Methoden, die specifische Wärme der Körper zu bestimmen, eignet sich für den Unterricht eigentlich nur die Mischungsmethode; die zweckmäßigsten Versuche selbst sind 1) die Bestätigung der Richmann'schen Regel durch Mischung von zwei gewogenen Mengen Wassers von verschiedener Temperatur, um daraus abzuleiten, daß die Capacität des Wassers bei verschiedenen Temperaturen sich gleich bleibe, und 2) Mischung von Quecksilber und Wasser, um die geringe Capacität des letzteren als ein Beispiel für viele dar zu thun. Bei dem ersten Versuche berechnet man zuerst die Temperatur der Mischung und erwärmt das Gefäß durch Wasser von der berechneten Temperatur, gießt dieses aus und sogleich das heiße und kalte Wasser hinein; man rührt mit dem Thermometer um. Beim zweiten Versuche hat man die Vorsicht nicht einmal nöthig, da man hier Wasser von der Temperatur der Umgebung in das Mischungsgefäß bringt, sodann Quecksilber unter raschem Umrühren mit einem eisernen Stabe zugießt. Man nimmt hier am einfachsten ein Pfund Wasser von der Temperatur der umgebenden Luft $= t$, und erwärmt 1 Pfund Quecksilber auf $34^{\circ} + t$. Nach der Mengung hat man dann die Temperatur $t + 1$. Die hier angegebenen Vorsichtsmaßregeln genügen, um so übereinstimmende Versuche zu erhalten, als die Zwecke des Unterrichts erfordern.

Die Aenderung der Capacität elastisch-flüssiger Körper bei Ausdehnung und Zusammendrückung kann man mit der Luftpumpe zeigen. Man hängt zu dem Ende ein empfindliches Thermometer — also ein solches mit sehr feiner Röhre und so großer Kugel, daß die einzelnen Grade mindestens eine Linie lang werden — unter einem nicht zu großen Recipienten auf und verdünnt die Luft rasch; es erfolgt ein Sinken des Thermometers um 1 bis 2 Grade. Schließt man

*) Solche Modelle, beide Maschinen ausgeführt und in vieler Beziehung solider gearbeitet als hier beschrieben ist, mit auswärtigen oder inneren Cylindern, habe ich schon viele bei Drehmeister Widman in Freiburg anfertigen lassen um den Preis von 22 bis 25 fl., und Schiebersteuerungen, wie Fig. 869, aber mit excentrischer Scheibe um 3 fl.

nun den Recipienten ab, läßt den Apparat so lange stehen, bis die Temperatur sich wieder ausgeglichen hat, und läßt Luft zu, so erfolgt ein Steigen des Thermometers, das Umgekehrte findet statt bei der Verdichtung. Der Erfolg ist sicher, allein immer nur von einigen Wenigen wahrnehmbar; Weingeistthermometer, deren Stand leichter zu sehen ist, sind aber zu diesem Versuche zu träge; man wird sich daher in den meisten Fällen auf den folgenden Versuch beschränken müssen.

Daß die Wärmecapacität der Körper sich bei Volumsverminderung ändere, kann man für gasförmige Körper auch an dem sogenannten pneumatischen Feuerzeuge zeigen; dasselbe besteht aus einem metallenen Cylinder *AB* Fig. 885, der unten eine abgerundete breite Basis hat, mit welcher man ihn

Fig. 885.

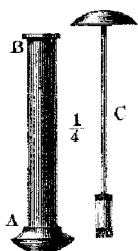
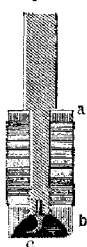


Fig. 886.



auf die hohle Hand stellt, während der Cylinder selbst zwischen Zeige- und Mittelfinger gehalten wird. In diesen Cylinder paßt genau luftdicht ein unten etwas ausgehöhlter Stempel *c*, Fig. 886, dessen Stiel sich wie der Cylinder breit endigt. In der unteren Höhlung des Stempels ist gewöhnlich eine etwas umgebogene Spitze, an welche man ein Stückchen Schwamm steckt. Schlägt

man nun den vorläufig in den Cylinder gesteckten Stempel mit der anderen Hand kräftig in den Cylinder hinein und zieht ihn rasch wieder heraus, so brennt der Schwamm. Wollte man einmal einen solchen Apparat selbst machen, so kann man dieses recht wohl auf folgende Weise. Man nimmt ein Stück Messing von der erforderlichen Dicke (schon hohl gegossen, ist bequemer, aber nicht nöthig; aus Blech gelöthet, erschwert es das Bohren sehr), durchbohrt ein Stück Holz, das auf der Drehbank befestigt ist, in solcher Weite, daß man das Messing hineinschlagen kann; das Messing wird nun am Kopfe abgedreht, mit einer Vertiefung versehen und mit einem Kanonenbohrer durchgebohrt. Besser ist es, zwei oder drei Bohrer nach einander anzuwenden. Man nimmt nun das Holz mit dem Messing von der Drehbank, verstopft es einerseits, senkt einen starken Eisendraht hinein und gießt es mit Blei aus. Der Draht mit dem Blei kommt nun auf die Drehbank, wird mit Smirgel und Del bestrichen und damit die Röhre ausgeschliffen unter fleißigem Drehen und Hin- und Herfahren der Röhre. Gewöhnlich muß man mehrere Bleisölben nach einander anwenden; zuletzt nimmt man feines Bimssteinpulver mit Del. Die Kolbenstange wird aus einem Stahlbrahte von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Linien Durchmesser gemacht und, so lang der Kolben werden soll, dünner gedreht, um einen Ansaß für die Platte *a* zu erhalten. Am Ende bekommt die Stange eine Schraube für das Stück *b*,

und in der Mitte eine kleine Oeffnung für den Haken *c*. An dieser letzteren läßt man den Kolben auch auf der Drehbank laufen, um die zwischen *a* und *b* eingepreßten, mit geschmolzenem Talg getränkten Federscheiben abzdrehen. Ein solcher Kolben muß sehr leicht gehen und kann doch luftdicht schließen; mit ihm fühlt man auch am besten, ob die Röhre schön gleich weit ist. Zuletzt erst löthet man das Fußstück der Röhre mit Zinn an dieselbe, nachdem man vorher eine Vertiefung hineingedreht hat, in welche das abgedrehte Ende der Röhre paßt. Vor dem Einlöthen spaltet man das Holzfutter ab, und nachher steckt man die Röhre auf ein abgedrehtes hölzernes Futter, um sie fertig zu drehen und zu fixiren. So sorgfältig sind freilich die künstlichen Feuerzeuge nicht immer gemacht; ich habe mich aber dabei darum aufgehalten, um überhaupt das Ausschleifen einer Röhre zu zeigen. In Bezug auf den Versuch selbst ist noch zu bemerken, daß es gut ist, die Röhre vorher in der Hand zu erwärmen, da man sonst in den ersten zwei oder drei Stößen kein Feuer erhält.

F. Versuche über die Fortpflanzung der Wärme.

396 Daß die Wärme strahlend von erhitzten Körpern ausgehe, zeigt man am einfachsten durch folgenden Versuch. Man schneidet in ein bogengroßes Stück Pappe eine runde Oeffnung, die etwas größer ist als die geschwärmte Kugel des Differenzialthermometers oder die Oeffnung des Trichters am Thermomultiplikator. Diese Pappe stellt man aufrecht auf den Tisch, hinter sie und durch sie ganz gedeckt das Thermoskop, und in gleicher Höhe mit der Oeffnung in 1 bis 2 Fuß Entfernung ein beinahe glühendes Stück Eisen von $\frac{1}{2}$ bis 1 Pfund, auf irgend einem Gestelle, z. B. auf einem kleinen Ringe des Retortengestelles. Das Thermoskop zeigt keine Einwirkung des Eisens, bis man dasselbe vor die Oeffnung in der Pappe schiebt und es also in gerader Linie dem heißen Eisen gegenüber steht. Das Thermoskop darf nicht über einen Fuß von der Pappe entfernt stehen, wenn man eine auch noch auffallende Wirkung erhalten will.

739 Zu den übrigen Versuchen über strahlende Wärme, soweit dieselben hierher gehören, bedarf man vor Allem eines Paares sogenannter Wärmespiegel, d. h. ziemlich breiter (14 bis 20 Zoll) sphärischer oder parabolischer Metallspiegel, deren Politur übrigens keine vorzügliche zu sein braucht. Sphärische Spiegel dürften wohl im Allgemeinen vorzuziehen sein, da sie eine viel regelmäßigere Bearbeitung zulassen als parabolische; letztere nämlich können ihrer ungleichen Krümmung wegen nicht gut geschliffen werden, während sphärische Spiegel ohne Anstand so regelmäßig gemacht werden können, daß man sie selbst zur Erläuterung ihrer optischen Eigenschaften, namentlich zur Darstellung des

Luftbildes, sehr wohl brauchen kann. Man kann sich dieselben etwa auf folgende Weise verschaffen.

Man verfertigt aus Eisenblech eine Schablone mit einem Halbmesser von etwa $1\frac{1}{2}$ bis höchstens 2 Fuß, deren Sehne 14 bis 20 Zoll mißt, läßt nach dieser vom Kupferschmied oder vom Klempner die Spiegel aus starkem gelben Messingblech — Trommelblech — treiben und ihnen zur Verstärkung einen aufgebogenen Rand geben. Ein guter Arbeiter wird den Spiegeln eine sehr nahe richtige Fläche geben, auf der nur geringere Ungleichheiten vorkommen. Die so erhaltenen Schalen legt man nun am bequemsten in einen mit Sägespähnen gefüllten Küber von passender Größe, und schleift sie mit einem großen Stücke Bimsstein und Wasser so lange, bis alle Stellen gleichförmig angegriffen sind; man führt dabei den Bimsstein in epicycloidischen Richtungen herum; derselbe gleicht sich sehr bald in die Kugelform ab. Zeigen sich nach einigem Schleifen noch zu große Ungleichheiten, so kann hier noch mit dem Hammer nachgeholfen werden. Das ziemlich langweilige Schleifen kann übrigens jede beliebige Person unter Aufsicht besorgen.

Hat der Bimsstein überall gleichförmig angegriffen, so schneidet man an eine dicke buchene Astkohle eine Fläche, welche mit der Axe einen Winkel von 45° macht, giebt ihr einigermaßen die Form der Spiegelfläche und schleift mit dieser unter Anwendung von Del die Bimssteinstreiche weg, wobei man zuletzt die Striche vom Rande gegen den Mittelpunkt des Spiegels führt. Die Politur läßt man am kürzesten durch den Klempner machen, welcher mittelst sogenannten Wienerkalkes sehr gut damit fertig wird.

Meistens giebt man den Spiegeln in ihrer Mitte kleine Oeffnungen von 3 bis 5 Linien Durchmesser. Diese Oeffnungen dienen theils zum Einstellen der Spiegel, theils zum Anschauen der Kohle mittelst eines Blasbalges.

Die fertigen Spiegel werden dann durch zwei Schrauben, für die man die Löcher schon vor dem letzten Schleifen gebohrt und versenkt hat, an ein stärkeres Messingblech, wie Fig. 887 a. f. S., befestigt, an dem das Gelenkstück *a* angelöthet ist, oder man läßt diesen Theil aus einem Stücke gießen. Die Befestigung geschieht unter der Mitte des Spiegels und das Gelenkstück wird mittelst eines etwa 2 Linien dicken eisernen Stiftes in das Ende eines vierkantigen Stabes von etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll Seite befestigt, durch welchen eine hölzerne Schraube *b*, Fig. 888 a. f. S., geht, mittelst der die verticale Stellung des Spiegels regulirt werden kann. Der Stab muß etwa 3 Fuß Höhe haben und in ein dreieckiges oder quadratisches Fußbrett von etwa 1 Fuß Seite befestigt werden, damit man die Spiegel unmittelbar auf den Boden stellen könne und nicht noch ein Stativ nöthig habe. Weitere Stellschrauben sind dabei nicht nöthig, da die horizontale Drehung der Spiegel durch Drehung der Gestelle leichter bewerkstelligt wird. Bequem ist es, wenn der verticale Stab unterhalb des Spiegels einen horizon-

talen Arm hat, der so lang ist, daß die gegen das Ende desselben durchgebohrte Oeffnung *c* vertical unter dem Brennpunkte des Spiegels sich befindet, um hier

Fig. 888.

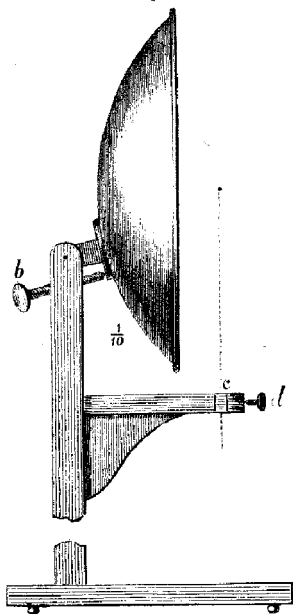
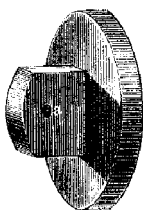


Fig. 887.



mittelt der Druckschraube *d* entweder ein kleines Tischchen, Fig. 889, oder eine eiserne Gabel, Fig. 890, oder einen gespitzten Draht einschrauben zu können; das Tischchen muß dabei so breit sein, daß man das Differenzialthermometer,

Fig. 889.

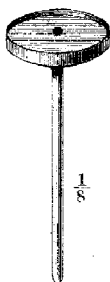


Fig. 890.



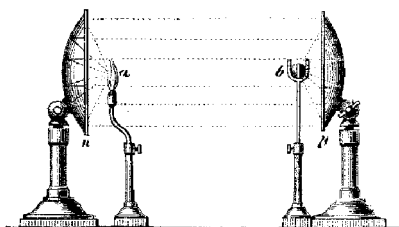
Fig. 819, so darauf stellen kann, daß die eine seiner Kugeln in den Brennpunkt des Spiegels kommt. Man kann übrigens für diese Dinge auch besondere Stativen benötigen, wie in der folgenden Fig. 891.

Um die Spiegel gut zu verwahren, läßt man für jeden einen darauf passenden Deckel von Pappe machen.

398

Versuche mit den Wärmespiegeln. Man stellt die beiden

Fig. 891.



Spiegel einander parallel gegenüber, wie Fig. 891, so daß dieselben etwa 10 bis 20 Fuß Abstand haben und ihre Axen zusammenfallen. Man kann die richtige Stellung am einfachsten so ermitteln, daß man in den Brennpunkt des einen Spiegels ein Licht bringt und nun beide

Spiegel so rückt, daß das Bild des Lichtes im Brennpunkt des anderen Spiegels erscheint. Sicher stehen die Spiegel richtig, wenn man in den Brennpunkt eines jeden ein Licht stellen kann und dieser dann, wenn er durch die Oeffnung des anderen Spiegels betrachtet wird, vollkommen und gleichförmig erleuchtet erscheint; es ist immer zweckmäßig, diese Probe zu machen, da, wenn die Spiegel eine ziemliche Entfernung haben, das Bild, welches direct, d. h. ohne Vermittlung des zweiten Spiegels vor dem einen Spiegel entsteht, ebenfalls nahe in den Brennpunkt fällt.

a) In den Brennpunkt des einen Spiegels wird nun die geschwärzte Kugel des Differenzialthermometers, und in den anderen die eiserne Gabel, Fig. 890, und in diese ein sehr heißes, aber nicht glühendes Stück Eisen von etwa 1 bis 2 Pfund gebracht. Sogleich zeigt das Thermometer bedeutende Erwärmung, welche aufhört, wenn man eine Tafel aus Holz oder Pappe zwischen die beiden Spiegel bringt, ebenso wenn man Glas zwischen sie bringt; doch bleibt in diesem Falle, je nach der höheren Temperatur des Eisens, noch einige Erwärmung, da Glas nur für Wärmestrahlen von Körpern unter 100° C. atherman ist.

b) Auf die eiserne Gabel bringt man eine glühende Kohle und in den Brennpunkt des anderen Spiegels an einem gespigten Drahte ein Stück Zunder und facht die Kohle durch einen Handblasbalg stark an, worauf sich der Zunder sehr bald entzündet; den gleichen Erfolg erhält man, wenn man eine Glastafel zwischen die beiden Spiegel stellt. Im letzteren Falle wird es aber gerathener sein, die Spiegel etwas näher zu rücken, besonders wenn sie nicht recht gut sphärisch sein sollten, weil die Wärme durch das Glas doch etwas geschwächt wird und die Wärmestrahlen von jedem solchen Spiegel nicht ganz parallel zurückgeworfen werden, sondern divergiren, wo dann das durch das Glas noch geschwächte Strahlenbündel, das den zweiten Spiegel trifft, nicht immer zur Entzündung des Schwammes ausreicht. Um die Kohle bei diesem Versuche bequemer anzufachen zu können, pflegt man meistens beide Spiegel in der Mitte etwa 1 Centimeter weit zu durchbohren, was aber nicht gerade nothwendig ist; sind dieselben aber durchbohrt, so kann man den Blasbalg am Gestelle fest machen, damit man beim Versuche nicht auf seine Richtung achten muß.

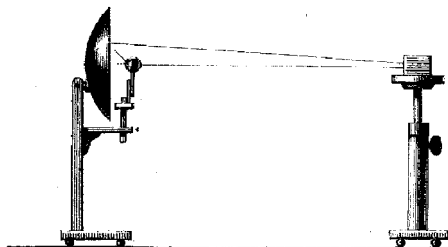
c) In die eiserne Gabel des einen Spiegels legt man ein Stück Eis, worauf das Thermometer im anderen Brennpunkte sinkt*).

d) Wenn man einen hohlen, mit heißem Wasser gefüllten Würfel aus Messingblech, der etwa 1 Decimeter Seite hat, und von dessen vier Seiten die eine polirt, die andere matt geschliffen, die dritte mit Bleiweiß (und Feimwasser)

*) Dieser Versuch heißt gewöhnlich „der Versuch von Pictet“, allein er ist schon von Joh. Bapt. Porta in *magia naturali* XVII. 4. beschrieben, wenigstens wenn das Eis nur einem Spiegel gegenüber steht.

angestrichen, die vierte mit Lampenruß geschwärzt ist, in den Brennpunkt des einen Spiegels bringt, so kann man an dem Differenzialthermometer den Unterschied des Ausstrahlungsvermögens dieser vier Seiten zeigen. Man stellt dabei die Spiegel nur einige Fuß weit von einander und bedeckt die dem Spiegel mit

Fig. 892.



dem Thermometer zugewendete Seite des Würfels mit einem darüber gehängten Blatte Papier von gleicher Größe, um deren Ausstrahlung gegen den zweiten Spiegel zu hindern. Letzterer Versuch kann auch mit einem Spiegel angestellt werden, wie Fig. 892 zeigt.

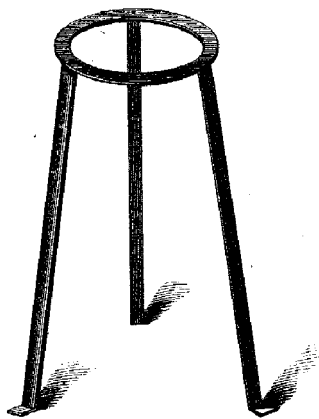
wenn man vorher mittelst einer Lichtflamme den Ort des Bildes sucht, welcher der gewählten Stellung des Würfels zukommt; letzterer darf aber dabei nicht sehr weit vom Spiegel entfernt werden; es ist jedoch zweckmäßiger, beide Spiegel anzuwenden.

399 Obwohl die Wirkung am gewöhnlichen Differenzialthermometer sehr merklich ist, so eignet sich zu diesen Versuchen doch ein Thermomultiplicator (§. 365) viel besser. Denn wenn man auch das Differenzialthermometer, um es empfindlicher zu machen, mit Weingeist füllt und luftleer macht, so wird doch immer auch die andere Kugel von Wärmestrahlen getroffen, wenn diese auch nicht concentrirt sind, und das Instrument bedeckt zum Theil den Spiegel, was einen Hauptübelstand bildet. Außerdem dauert es viel länger, bis das Differenzialthermometer seinen Stand nicht mehr verändert, als bis die Nadel des Multiplicators zur Ruhe kommt. Letzteres braucht nicht einmal abgewartet zu werden, da man aus den bereits klein gewordenen Schwingungen der Nadel sehr leicht ihre endliche Abweichung erkennen kann.

Wenn man die Thermosäule zu dem Versuche a) und c) anwendet, so braucht man keinen Trichter aufzusetzen. Wenn man aber bei a) glühendes Eisen nimmt, um zu zeigen, daß Glas diatherman für seine Strahlen ist, wenn dieselben auch etwas geschwächt werden, so bedeckt man das Glas zugleich mit Pappe und zieht diese nun zum Theile weg, weil sonst die Wirkung für den Multiplicator zu stark wäre. Man nimmt zum Gebrauche mit der Thermosäule am liebsten Multiplicatoren von circa 30 Windungen und dickem (1 bis $1\frac{1}{2}$ Millimeter) Draht. Die Empfindlichkeit derselben muß dadurch erhöht werden, 1) daß man die Windungen möglichst nahe zu den Nadeln bringt, 2) daß man etwas schwere Nadeln von gutem Stahl nimmt und sie möglichst stark

magnetisch macht, 3) daß man sie so weit astatisch macht, daß sie nur noch etwa zwei Schwingungen in der Minute machen. Sie sind dann für alle Versuche

Fig. 893.



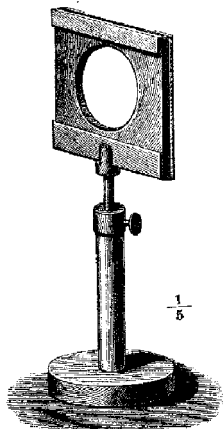
über strahlende Wärme empfindlich genug, selbst für Versuche über die Wärme im Sonnenspectrum. Hat der Multiplikator viele Windungen in mehreren Abtheilungen, so werden dieselben für diese Versuche immer auf den geringsten Widerstand combinirt.

Wenn man den Thermomultiplikator anwendet, so bedarf man bei den Versuchen über das Ausstrahlungsvermögen der verschiedenen Seiten des hohen Blechwürfels gar keiner Spiegel. Man stellt den Würfel auf einem Gestelle etwa, wie Fig. 893, in einer Entfernung von 1 bis 2 Fuß dem Trichter des Multiplikators gegenüber und läßt die Lampe fortbrennen, um das

Wasser im Kochen zu erhalten, wobei freilich die Thermosäule durch einen hölzernen Schirm vor der Lampe geschützt werden muß.

Die großen Wärmespiegel sind so recht eigentlich nur für den Versuch mit 400 glühenden Kohlen und mit Eis brauchbar. Die Versuche über Diathermanzie

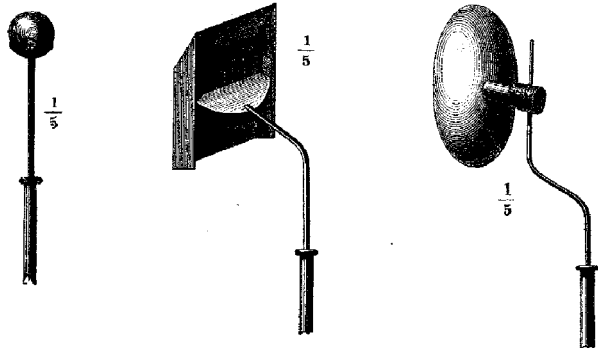
Fig. 894.



und dergl. sind mit solchen Spiegeln nicht bequem aufzustellen; ein Meloni'scher Apparat aber, so wie er gewöhnlich abgebildet wird, ist für die meisten Fälle zu theuer. Man kann sich indessen auf folgende Weise ohne große Kosten helfen. Man läßt sich zwei Schirme wie Fig. 894 machen, in welche man weitere Schirme einschieben kann. Die Schieblichter sind absichtlich gekreuzt, um das Werfen des Holzes zu verhindern. Die weitem Schirme bestehen aus mit weißem Papier überzogener Pappe, von welchen einer ganz ist, einer eine centrale Oeffnung hat von etwa einem Zoll und einer eine solche von zwei Zoll Durchmesser; ein Schirm besteht aus Glas. Als Thermoskop wird nur die Thermosäule gebraucht, welche noch den Vortheil bietet, daß die Bewegung der Magnethadel leichter von vielen gesehen werden kann, als die Bewegung der Flüssigkeitsäule in einem Diffe-

renzialthermometer. Als Wärmequelle kann man eine kleine Oel- oder Gaslampe, eine heiße eiserne Kugel oder ein heißes Kupferblech brauchen.

Die eiserne Kugel kommt in eine eiserne Gabel, Fig. 895, welche eben-
Fig. 895. Fig. 896. Fig. 897.



falls in ein Stativchen gesteckt wird, wie jene für die Schirme, ebenso geschieht es mit dem Kupferblech. Letzteres muß aber einen stark gebogenen Stiel haben wie Fig. 896, um dahinter noch eine Bunsen'sche Lampe anbringen zu können, deren Flamme gegen das eingekietete Querstück anschlägt und hinter demselben an dem Bleche hinausspielt. Für einzelne Versuche bedarf man eines kleinen Hohlspiegels von etwa 3 bis 4 Zoll Breite und etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll Brennweite. Man läßt denselben vom Blechner schlagen und schleift und polirt ihn auf der Drehbank; es ist zweckmäßig denselben galvanisch zu versilbern. Wenn hinten an demselben eine Blechhülse gelöthet ist, so kann man in diese einen Kork stecken und ihn an einem gebogenen Draht mittelst eines hölzernen Stieles ebenfalls in einem Stativchen befestigen, Fig. 897. Hierfür müssen die Füße der Stativchen gut mit Blei ausgegossen sein.

Der Spiegel dient dazu, die Strahlen gegen die Thermosäule zu concentriren, wenn man entweder eine kleine Lampe mit weißer Flamme oder die eiserne Kugel im glühenden oder nur dunkelheißen Zustande anwendet.

Die Versuche werden hier immer nur auf kleine Distanzen gemacht und die ganze Reihe der Apparate hat im höchsten Falle 3 Fuß Länge.

Will man das Verhalten des Glases zeigen, so bringt man die Glasscheibe und den undurchlöchernten Pappschirm in denselben Holzschirm, und zieht den Pappschirm weg, wenn Alles gehörig gestellt ist.

Um die Brechung der Wärmestrahlen zu zeigen, müßte man ein Prisma aus Steinsalz haben, von etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll Höhe mit wenigstens ein Zoll breiten Seitenflächen. Kann man sich das dazu erforderliche Stück reinen Steinsalzes

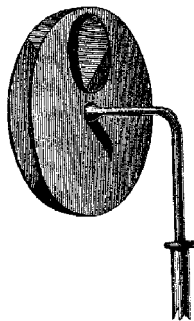
verschaffen, was jetzt immer eher möglich wird, je mehr auf Steinsalzgewinnung gebaut wird, so ist die Bearbeitung nicht schwer.

Mit Hilfe eines Stecheisens kann man die prismatische Form sehr gut und genau genug herstellen, indem man das Salz mehr schabend weg arbeitet. Der Schliff wird mit sehr wenig Wasser auf einer matten Spiegelscheibe und die Politur ebenso auf Leder gemacht, welches auf ein ebenes Brettchen gespannt ist; als Polirmittel dient das feinste Englischroth und das Behauchen des Salzes bringt für die letzte Politur hinlängliche Feuchtigkeit. Ebenso kann man Salzplatten mit parallelen Flächen bearbeiten. Man faßt diese wie die Prismen in einen Fuß aus Kork, um sie damit auf einen Träger wie Fig. 898 zu stellen. Die

Fig. 898.



Fig. 899.



Politur hält übrigens auf Steinsalz schlecht und die Flächen werden bald matt. Am besten bewahrt man dieselben in einem Glase auf, indem man in einem kleinen Gläschen einige Stüchchen Natrium dazu stellt und das Glas mit Kautschuk verbindet. An Prismen und Platten brauchen indessen nur die Ein- und Austrittsflächen polirt zu sein.

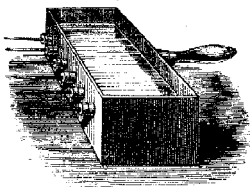
Bei den Brechungsversuchen muß man die Stellung der Thermosäule zuerst mittelst einer Richtquelle suchen

und dann nach Entfernung derselben jedoch erst, wenn die Nadel wieder vollkommen zur Ruhe gekommen ist, die Wärmequelle an ihre Stelle setzen. Für die meisten dieser Versuche kann man den Trichter an der Thermosäule entbehren, aber man muß für einen empfindlichen Multiplikator sorgen.

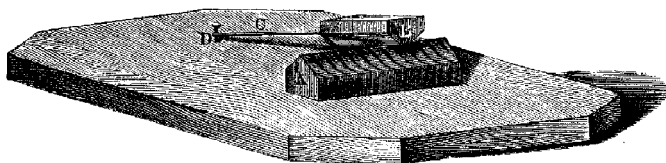
Um zu zeigen wie ungleich das Absorptionsvermögen der Körper für die Wärme ist, nimmt man eine Messingscheibe gerade so groß als die Oeffnung am Trichter der Thermosäule und theilt sie in vier Theile, wovon ein Quadrant polirt — allenfalls auch versilbert — wird, der zweite bleibt matt, der dritte wird mit weißem Papier beklebt, und der vierte mit Tusch geschwärzt. Die andere Seite der Scheibe wird mit Ruß geschwärzt. Eine zweite mit dieser gleich große Scheibe von weiß überzogener Pappe erhält eine Oeffnung, beinahe so groß als einer der Quadranten, und beide Scheiben werden mittelst einer Schraube wie in Fig. 899 so an einem gebogenen Draht befestigt, daß sie einander sehr nahe stehen, daß aber die Messingscheibe unabhängig von der Pappscheibe gedreht werden kann. Mittelfst eines Statives rückt man nun diese Vorrichtung dicht vor den Trichter der Thermosäule und concentrirt mittelst des Spiegels die Wärmestrahlen einer kleinen Gasflamme durch die Oeffnung der

Pappscheibe auf einen der Quadranten der Messingscheibe. Wechselt man die Quadranten, so vergeht immer einige Zeit bis die Nadel den Stand einnimmt, welcher der neuen Absorptionsfähigkeit entspricht, weil die Platte im Vergleich mit der bestrahlten Stelle groß ist. Wollte man aber verschiedene Messingplatten anwenden mit ungleichen Mächtigkeiten, so könnte zwar der Erfolg viel auffallender sein, aber man hätte nicht in allen Fällen einerlei ausstrahlende Fläche der Thermosäule gegenüber, was Täuschungen veranlassen könnte.

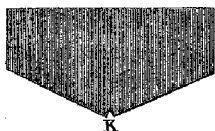
- 401 **Leitung der Wärme bei festen Körpern.** An ein Gefäß von Messingblech, welches in Fig. 900 in etwa $\frac{1}{10}$ der natürlichen Größe abgebildet ist, werden 4 bis 6 gleiche, 2 bis 3 Linien lange Röhrchen gelöthet, in welche man gleich dicke und gleich lange Stäbchen aus verschiedenen Substanzen, wie Messing, Eisen, Blei, Glas, Holz, durch Reibung feststeckt. Taucht man nun diese Stäbchen in geschmolzenes Wachs, so daß sie einen dünnen Ueberzug davon erhalten, und gießt in das Gefäß siedend heißes Wasser, oder noch besser heißes Del, so schmilzt auch das Wachs an den Stäbchen, aber auf ungleiche Entfernung vom Gefäß.



- 402 **Das Trevelljon-Instrument.** Dasselbe besteht aus zwei Theilen, Fig. 901, der eine A besteht aus einem Stück Blei, welches oben eine etwas



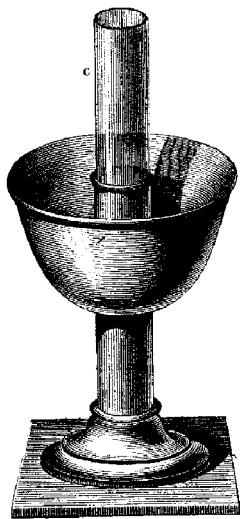
abgestumpfte Kante hat, der andere B C heißt der Wieger und ist dem erstern in der Form des Hauptstückes B ähnlich, nur etwas kleiner und gewöhnlich aus Messing; an seiner Kante K (Fig. 902) hat er aber eine schmale Vertiefung, so daß diese Kante doppelt wird. Der Stiel C hat an seinem Ende eine spitzige Schraube D, mit welcher er auf dem Tische ruht. Das Stück A wird erhigt und der Wieger wie in Fig. 901 darauf gelegt. Man giebt ihm einen leichten Stoß, so daß er auf die eine seiner Kanten kommt und dann wieder auf die andere zurückfällt;



er geräth sofort in eine so rasche zitternde Bewegung, daß dabei ein Ton entsteht. Am besten soll der Versuch gehen, wenn beide Theile von Eisen sind.

Leitungsfähigkeit tropfbar flüssiger Körper. Man umgiebt einen Glaszylinder, wie Fig. 903, mit einem blechernen Gefäße, füllt

Fig. 903.



den Cylinder mit kaltem Wasser, in welchem etwas Kreide- oder Bernsteinpulver schwebt, stellt sodann ein Thermometer, wie Fig. 817, auf den Boden des Glaszylinders und hängt ein zweites oben in das Wasser; nach dieser Vorbereitung füllt man heißes Wasser in das blecherne Gefäß. Bei diesem Versuche sieht man die mit dem erwärmten Wasser strömenden Kreidetheilschen an den Wänden des oberen Theiles des Cylinders aufsteigen, während die kälteren Theile in der Mitte niedersinken. Das obere Thermometer steigt rasch, während das untere seinen Stand unverändert beibehält.

Die schlechte Leitungsfähigkeit tropfbar flüssiger Körper kann man auch ganz einfach dadurch zeigen, daß man in einen Cylinder mit kaltem Wasser ein Thermometer hängt und sodann vorsichtig heißes Del auf das Wasser gießt, oder ein Schälchen mit Weingeist darauf setzt und diesen anzündet. Auch hier behält das Thermometer sehr lange Zeit seinen Stand unverändert bei. Wenn man Thermometer besitzt, bei welchen die Skale auf die Röhre selbst geätzt ist, so kann man unten in den Cylinder ein Loch bohren und das Thermometer mittelst eines an die Röhre geschobenen Korbes von der Seite in den Glaszylinder befestigen.

Am einfachsten zeigt diese Erscheinung der Versuch, wo man eine einerseits zugeschmolzene Glasröhre mit Wasser füllt, dieselbe unten faßt und den oberen Theil in schiefer Lage über der Lampe erhitzt, bis das Wasser kocht.

Zu demselben Zwecke dient auch folgender Versuch. Man befestigt an irgend einem Stative, wie Fig. 904 a. f. S., eine etwa 10 bis 12 Zoll lange und 1 Zoll weite, einerseits zugeschmolzene Glasröhre in schiefer Lage, schiebt auf ihren Boden ein Stück Eis und auf dieses ein Bleigewicht. Wird nun die Röhre mit Wasser gefüllt, so kann man dieses in dem oberen Theile der Röhre durch eine Weingeistlampe bis zum Kochen erhitzen, ehe das Eis schmilzt.

Das Stativ in Fig. 904 ist zu vielen Versuchen bequem; an dem verstellbaren Arme a desselben ist eine federnde, mit einer Schraube versehene Klemme b rechtwinklig angelegt, welche in Fig. 905 besonders abgebildet ist und sich um

einen Zapfen drehen läßt; letzterer ist durch *a* gesteckt und endet in eine Schraube,

Fig. 904.

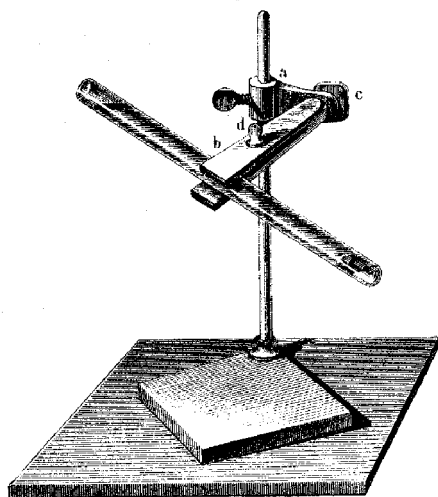
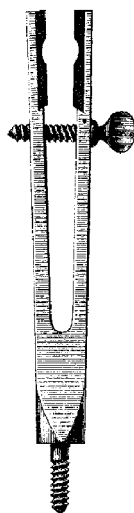


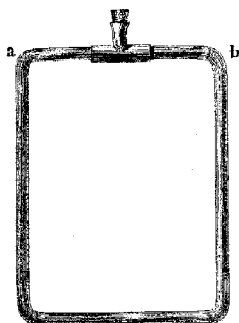
Fig. 905.



mittelfst welcher und der Mutter *c* die Klemme in beliebiger Lage befestigt werden kann. Vor der Schraube *d* ist die Klemme mit Kork gefüllt.

Die Circulation des erwärmten Wassers kann man durch den in Fig. 906

Fig. 906.



abgebildeten Apparat sehr gut zeigen. Eine als Rechteck zusammengebogene Glasröhre ist mit ihren beiden Enden in eine mit einem Einguß versehene Messinghülse gefittet; durch letztere wird sie mit Wasser, dem Bernsteinpulver beigemengt ist, gefüllt und durch das eben beschriebene Stativ in vertikaler Ebene befestigt, worauf man die eine untere Ecke durch eine Lampe erwärmt. Beim Anfertigen des Apparates werden die beiden Ecken *ab* zuerst gebogen, die eine sogleich eingefittet und die andere vorläufig mit Siegellack versehen und jetzt erst die beiden anderen Stellen gebogen, nachdem man die Mitte der Biegung durch Kreide aufgezeichnet hat.

Uebrigens kann die Röhre auch aus zwei Stücken bestehen, die durch vulkanisirten Kautschuk vereinigt werden.

Versuche über die Verbrennung*).

Verbrennung von Eisen. Für die Lehre von der Verbrennung 404
ist folgender Versuch von Magnus sehr instructiv. Man taucht den Pol
eines Magnetstabes in eine Eisenfeile, wie sie in den Apotheken als *limatura*
ferrī alcoholisata gehalten wird; den daran hängen bleibenden Bart kann man
nun mit einem Streichhölzchen anzünden und er verbrennt langsam unter Fun-
kensprüthen; der nach dem Verglimmen hängen bleibende Rest desselben ist ziem-
lich zusammenhängend und bleibend magnetisch.

Die Sicherheitslampe. Die Wirkung des Drahtnetzes an derselben 405
erläutert man, indem man in die Flamme einer Weingeistlampe horizontal ein
Stückchen Drahttuch hält, wie man dasselbe als Abfall von den Siebmachern
bekommen kann. Das Gewebe muß so eng sein, daß etwa 30 bis 40 Fäden
auf einen Zoll kommen. Die Flamme wird durch das Gewebe eben abge-
schnitten und bildet einen leuchtenden Ring um den noch unverbrannten mittleren
Theil des aufsteigenden Gasstromes. Das durch die Oeffnungen des Draht-
tuches dringende Gas läßt sich oberhalb desselben wohl wieder anzünden, breunt
aber nicht fort. Mit einer Sicherheitslampe selbst können beim Unterrichte
nicht wohl Versuche angestellt werden; wohl aber kann eine solche dazu dienen,
ihre Einrichtung auf den ersten Anblick deutlich zu machen.

Farbige Flammen. Rother Flamme erhält man, wenn man in 406
Weingeist Chlorstrontium (salzsauren Strontian) löst, was man beinahe in je-
der Apotheke bekommen kann. Grüne Flamme erhält man durch Lösung von
salpetersaurem Kupfer in Weingeist. Das salpetersaure Kupfer erhält man
einfach, indem man Kupferabfälle in etwas verdünnter Salpetersäure (specif.
Gew. = 1,4) unter Erwärmung löst und dabei Kupfer im Ueberschuß anwen-
det; man dampft nachher die Lösung ein und läßt sie krystallisiren. Die Mut-
terlauge wird weggegossen und die Krystalle werden in starkem Weingeist gelöst.
Pomezanzen gelbe Flamme erhält man aus Chlorcalcium, das man aus Kreide
mit Salzsäure erhält; die Kreide wird auch hier im Ueberschusse genommen und
die Lösung zur Trockenheit abgedampft.

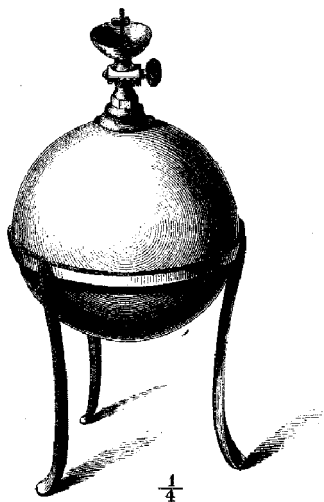
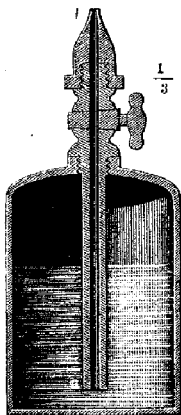
*) Die hier zum Schluß folgenden Versuche gehören mehr in das Gebiet der
Chemie als in jenes der Physik, und sind hier nur deswegen noch aufgenommen,
weil ihrer beinahe in jedem Lehrbuche Erwähnung geschieht. Mehr oder weniger
gibt dieses auch von früher angeführten Versuchen, da überhaupt in dem Capitel
von der Wärme die genannten beiden Wissenschaften so vielfach in einander greifen,
daß an keine strenge Auscheidung zu denken ist.

Beim Versuche gießt man etwas von der weingeistigen Lösung in eine kleine Porzellanschale und zündet an. Die Farben werden aber lebhafter, wenn man mit einem brennenden Spahne in der Flüssigkeit rührt, oder sie am Docht brennen läßt. Daß Kochsalz, wenn man es auf den Docht einer Weingeistflamme streut, diese rein gelb färbt, wurde schon bei optischen Versuchen erwähnt.

Man kann auch aus Kohle, wie sie zu Zinkkohlenelementen gebraucht, kleine Cylinder von 1 Zoll Länge und 1 Linie Wandstärke schneiden, sie mit den genannten Salzlösungen tränken und auf einen Bunsenschen Brenner (Fig. 10) stecken. Die Flamme des Brenners wird sehr intensiv gefärbt.

Wenn man Terpentinöl in Weingeist löst, so wird die Flamme desselben weiß gefärbt, und zwar um so weißer, je stärker der Weingeist ist. Solcher, Weingeist wird jetzt häufig zur Beleuchtung verwendet, bald in den sogenannten Gaslampen, bald am Dochte brennend.

- 407 **Der leuchtende Springbrunnen.** Ein Heronsball, wie Fig. 907 wird zu $\frac{1}{3}$ mit Weingeist gefüllt, dem man Chlorstrontium und nur wenig salpetersaures Kupfer zusetzt; man erhitzt nun den Heronsball auf irgend eine Weise, am besten in heißem Sande, bis beim Dessen des Hahns der Weingeist bis an Fig. 907. Fig. 908.



die Zimmerdecke spritzt, und zündet den hervorspritzenden Weingeist (im dunkeln Zimmer) an. Brennt der Weingeist, so führt man den Strahl an der Decke herum. Es brennt so der Weingeist in allen Farben an der Decke, der Strahl

selbst aber beinahe nicht. Soll auch der Strahl brennen, so muß der Heronsball um die Spitze herum eine Schale haben, in die man Weingeist gießt, welcher vor der Oeffnung des Hahns angezündet wird. Fig. 908 zeigt einen Heronsball auf einem Gestelle, um ihn mit der Weingeistlampe erwärmen zu können. Anstatt den Heronsball zu erhitzen, kann man auch nur die Luft in demselben comprimiren, wobei es aber rathsam ist, heißen Weingeist zur Füllung zu verwenden, oder doch den gefüllten Heronsball zu erwärmen; der hervorspringende Strahl brennt sonst nicht, oder wenigstens nur spärlich.

Zur Erläuterung der Lehre von der Verbrennung des Talges und Wach- 408 ses *rc.*, also der Körper, welche vorher erst in brennbare Producte zerlegt werden, kann man folgende Versuche machen:

a) Man zündet einen Wachstock an und bläst ihn aus, wenn er gehörig brennt; nähert man nun der aufsteigenden Säule der noch durch die Hitze des Dochtes erzeugten brennbaren Gase ein Licht, so entzünden sich dieselben, die Flamme fährt schnell an den Docht zurück und die Kerze brennt wieder.

b) Senkt man ein auf einen umgebogenen Draht gestecktes Wachlicht langsam in einen mit Kohlensäure gefüllten Cylinder, so erlischt die Flamme am Docht, aber die aufsteigenden Gase brennen oberhalb der Kohlensäure noch einige Zeit fort und man kann die Wachskerze an diesem Flämmchen wieder anzünden, wenn man sie wieder aus der Kohlensäure hebt.

Beaumé's leichter Fluss. Derselbe besteht aus 3 Theilen gepul- 409 vertem Salpeter, 1 Theil Schwefelblumen und 1 Theil feiner Sägespähne, am besten buchener, welche Substanzen gehörig gemengt werden. Wenn man eine Nußschale mit dieser Masse fest ausfüllt, eine kleine Silbermünze oder auch ein Stückchen von dünnem Messingblech darauf legt und noch etwas von der Masse oben darauf drückt, so schmilzt das Metall während der heftigen Verbrennung. Man kann das Gemenge vorrätzig aufbewahren, nur muß man dasselbe jedesmal vor dem Gebrauche frisch mengen, da sich die Substanzen gern von einander sondern, wenn die dieselben enthaltende Schachtel gerüttelt wird. Das Anzünden geschieht mittelst eines Spähnhens.

Rascher entzündet sich die Masse, wenn man sie mit Schießpulver bestreut und dieses anzündet.

Verzeichniß physikalischer Apparate

für einen ausgedehnteren Unterricht *).

A. Zur Lehre vom Gleichgewichte.

- Eine Anzahl Gewichte mit Haken, von beliebiger nicht zu kleiner Einheit, oder statt derselben einige Büchsen von Blech für Kupfermünzen, oder solche mit Sand gefüllt. §. 49.
- Einige kleine Waagschalen von bekanntem Gewichte. §. 49.
- Vorrichtung für das Parallelogramm der Kräfte. §. 50.
- Vorrichtung zur Erläuterung der Kniepresse. §. 51.
- Modelle für zusammenge setzte Bewegung. §. 52.
- Schiefe Ebene. §. 53. 54.
- Vorrichtung zur Erläuterung der Schraube. §. 55.
- Schraubenmodelle von Holz mit durchschnittener Mutter. §. 55.
- Archimedische Schraube. §. 55.
- Schraubenflieger. §. 55.
- Modell einer Schraubenpresse. §. 55.
- Vorrichtung für die Lehre vom Keil. §. 56.
- Verschiedene Rollen und Rollenzüge. §. 57.
- Hebelapparat. §. 59.
- Rad an der Welle. §. 60.
- Wagenwinde und einige andere Modelle zusammenge setzter Maschinen. §. 60.
- Hölzerne reguläre ebene Figuren zur Lehre vom Schwerpunkt. §. 61.
- Auf der Spitze balancirende Figur. §. 62.
- Regel, der bergan läuft. §. 63.
- Walze aus möglichst gleichförmig dichtem Stoffe.
- Walze, einerseits mit Blei beschwert.
- Chinesischer Treppengauler. §. 64.
- Vorrichtung zur Erläuterung der Standfestigkeit. §. 65.
- Vorrichtung für die Lehre vom Schwerpunkt bei der Wage. §. 66.
- Feine Wage. §. 67.
- Ordinäre Wage. §. 69.
- Schnellwage. §. 71.

*) Werkzeuge für die Bearbeitung verschiedener Materialien, obgleich ebenso unentbehrlich, wenn man auch nicht gerade manche Apparate selbst verfertigen will, sind hier natürlich übergangen. Preise werden keine beige setz, weil dieselben je nach der Größe und äußern Ausstattung der Apparate sehr wechseln. Darum ist in der Regel mit den sogenannten Preisverzeichnissen der Mechaniker auch nur ein ungefäh rer Anhaltspunkt gegeben; darum ist es bei allen größeren Apparaten zweckmäßig, sich vorher durch Zeichnungen u. dergl. mit dem Verfertiger über die Construction und den Preis zu verständigen.

- Brückenwage. §. 72.
 Federwage.
 Eiserne landesübliche Gewichte bis 25 Pfund.
 Messingenes sogenanntes Einsatzgewicht dazu.
 Grammgewicht.
 Marmorplatte mit Eisenbefugel. §. 73.
 Glasrumpfe, spirallig zer schnittenes Trinkglas, ein Büschel Glasfäden. §. 73.
 Bologneser Fläschchen. Glashähnen. §. 73.
 Cohäsionsplatten aus Glas und Metall. §. 76.
 Vorrichtung, um die Cohäsionsplatten im leeren Raume gebrauchen zu können. §. 76.
 Adhäsionsplatten von Glas und Metall für die Adhäsion an tropfbar flüssige Körper. §. 76.
 Vorrichtung zur Demonstration des Gesetzes der gleichförmigen Fortpflanzung des Druckes. §. 77.
 Hydraulische Presse. §. 77.
 Dofen- und Höhrenlibelle.
 Anatomischer Heber. §. 78.
 Hydrostatifcher Blasebalg. §. 79.
 Apparat für den Bodendruck des Wassers. §. 80.
 Apparat für den Ausdrück des Wassers. §. 81.
 Communicirende Röhren. §. 82.
 Communicirende Röhren für verschiedene Flüssigkeiten. §. 82.
 Verschiedene Walzen aus Holz und Kork für die Lehre von den auf dem Wasser schwimmenden Körpern. §. 83.
 Vorrichtung, um den Gewichtsverlust untergetauchter Körper zu zeigen. §. 84.
 Cartesianscher Taucher. §. 83.
 Gläschen mit aufgeschliffenem Deckel, oder mit Pfropf für Bestimmung der specif. Gewichte tropfbar flüssiger Körper. §. 86.
 Glasfugel mit Quecksilber beschwert. §. 86.
 Nicholson'sches Aräometer. §. 87.
 Volumeter. §. 88.
 Alkoholometer nach Tralles. §. 91.
 Glaszylinder oben erweitert für die Aräometer.
 Aräometer nach Beaumé, Beck und Cartier. §. 92.
 Eine gewöhnliche Weinwage.
 Aräometer nach specif. Gewichte. §. 93.
 Plateau'sche Drahtfiguren zu den Versuchen mit Seifenhäutchen. §. 94.
 Haarröhrchen mit weiteren Röhren communicirend. §. 94.
 Verschiedene Haarröhrchen.
 Gemische Haarröhrchen.
 Zwiegelplatten für Haarröhrchenversuche.
 Einige kleine Kugeln von Glas, theils leer, theils mit Quecksilber beschwert, sowie auch kleine Kugeln von Harz, Wachs, Talg u. dergl.
 Einige Plättchen von Glimmer.
 Vorrichtung für die Endosmose. §. 95.
 Einerseits zugeschmolzene Glasröhrchen von 6 bis 30 Zoll Länge für den Versuch von Toricelli. §. 96.
 Ein Gefäßbarometer mit birnförmigem, seitlichem Gefäße. §. 97.
 Ein Gefäßbarometer mit gerade angelegtem Gefäße. §. 97.
 Ein Heberbarometer, als Reifebarometer. §. 97.
 Ein Huyghens'sches Doppelbarometer. §. 97.
 Ein Madbarometer. §. 97.
 Ein Metallbarometer nach Bourdon.
 Vorrichtungen zur Demonstration des Mariotte'schen Gesetzes. §. 98.
 Eine Luftpumpe. §. 99.
 Einige Glocken dazu, darunter eine mit Stopfbüchse. §. 99.
 Magdeburger Halbkugeln. §. 102, 4.
 Ring von Glas oder Metall zum Blasen Sprengen. §. 102, 5.
 Gefäßbarometer mit zugehöriger hoher Glasglocke. §. 102, 6.
 Weberwerk zu Schallversuchen im leeren Raume. §. 102, 8.

- Vorrichtung, um Wasser durch Aether oder Schwefelsäure zum Gefrieren zu bringen. §. 102, 10.
 Klintenschloß, um zu zeigen, daß der Stahl nicht verbrennt im leeren Raume. §. 102, 13.
 Vorrichtung, um zu zeigen, daß der Heber im leeren Raume nicht fließt. §. 102, 14.
 Vorrichtung, um zu zeigen, daß der Heronsball zu springen anfängt im leeren Raume. §. 102, 15.
 Vorrichtung für die Theorie der Saugpumpe. §. 102, 16.
 Vorrichtung für den Quecksilberregen. §. 102, 17.
 Ein Wagmanometer. §. 102, 18.
 Compressionsgefäß von Glas. §. 102, 20.
 Heronsball von Metall zum Verdichten der Luft. §. 102, 22.
 Glasballen mit Hahn zum Abwägen der Luft. §. 102, 25.
 Kalkröhre. §. 102, 26.
 Windbüchse. §. 103.
 Verschiedene Heber. §. 104.
 Zauberbecher. §. 104.
 Unterbrochener Heber. §. 104.
 Sticheheber von Glas. §. 105.
 Verschiedene Pipetten. §. 105.
 Zaubertrichter und Zauberkanne. §. 105.
 Sieb der Vestalin. §. 105.
 Heronsbrunnen. §. 106.
 Zauberfontäne. §. 106.
 Modelle von Saug- und Druckpumpen. §. 107.
 Modelle der verschiedenen Ventile.
 Modell einer Feuerspritze. §. 107.
 Intermittirender Brunnen. §. 108.
 Verschiedene Manometer. §. 109.
 Platinschwammzündmaschine. §. 110.
 Gasentwicklungsapparat. §. 110.
 Luftballon aus Goldschlägerhaut. §. 111.
 Glasballon zum Füllen des Luftballons. §. 111.
 Glasballon mit Hahn für die Diffusion der Gase. §. 111.

B. Zur Lehre von der Bewegung.

- Fallmaschine. §. 116.
 Parabolische Maschine. §. 117.
 Schwingmaschine mit den nöthigen Aufsätzen. §. 118, 119.
 Centrifugal-Eisenbahn. §. 119.
 Centrifugal-Pendel. §. 119.
 Dohnenberger'sche oder Kessel'sche Maschinen. §. 120.
 Vorrichtung für den Foucault'schen Versuch und dessen Erläuterung. §. 121.
 Vorrichtung für den Fall auf Schne und Wogen. §. 122.
 Vorrichtung für die Pendelversuche. §. 122.
 Reversionspendel. §. 122.
 Pendel mit hörbarem Schläge. §. 123.
 Modelle der gewöhnlichsten Pendel und Unruhstörungen. §. 123.
 Stoßmaschine. §. 124.
 Vorrichtung für den schiefen Stoß. §. 124.
 Tribometer. §. 125.
 Gefäß für Ausflußversuche. §. 126.
 Mariotte'sches Gefäß. §. 127.
 Segner'sches Wasserrad. §. 129.
 Stoßheber. §. 130.
 Ein Gasometer. §. 131.
 Wassertrommelgebläse. §. 132.

- Vorrichtung für die Fortleitung der Gase in Röhren. §. 133.
 Vorrichtung zum Versuch von Element. §. 134.
 Vorrichtung zur Erläuterung des Locomotiv-Blasrohrs. §. 134.
 Vorrichtung für die Rauchringe. §. 135.

C. Zur Lehre vom Schalle und der Wellenbewegung.

- Drahtspirale für die schwingende Bewegung. §. 136.
 Wellenscheiben oder Wheatstone's Apparate für die Theorie der Wellenbewegung. §. 137.
 Wellenrinnen von Glas und Holz für Wasser und Quecksilber. §. 137.
 Ein Seil zu Seilwellen. §. 138.
 Stahlstäbe auf Füßen zu legen für einen Accord.
 Halter zu Klangfiguren nebst gläsernen und messingenen Scheiben dazu. §. 139.
 140.
 Violoncellbogen. §. 141.
 Vorrichtung für die Wellenbewegung in elastischen Flüssigkeiten. §. 142.
 Schallleitungsröhre. §. 143.
 Verschiedene gedeckte und offene Orgelpfeifen. §. 146.
 Zungenpfeife und Physsharmonika.
 Ein Trompeten-Mundstück.
 Kopf einer Orgelpfeife mit Röhren aus verschiedenem Material dazu. §. 147.
 Gebläse mit Ventilen für die Pfeifen.
 Ausziehbare Röhre aus Pappe, welche mit einer Glocke tönt. §. 148.
 Vorrichtung für die chemische Harmonika. §. 148.
 Vorrichtung für die Lehre von den Schwingungsknoten in Röhren. §. 149.
 Sirene oder Vorrichtung um die Schwungmaschine als solche zu gebrauchen. §. 150.
 Ein Monochord. §. 151.
 Vorrichtung zum Hervorbringen von Rängentönen. §. 152.
 Ein Paar Stimmgabeln. §. 153.
 Vorrichtungen für die Interferenz von Schallwellen. §. 154. 155.
 Vorrichtungen für die Mittheilung der Schallschwingungen. §. 156.
 Vorrichtung zur Erläuterung der Wirkung des menschlichen Stimmorgans. §. 157.
 Modell des Gehörorgans. §. 158.
 Ein Sprachrohr und ein Hörrohr.

D. Zur Lehre vom Lichte.

- Ein Theodolit, auch als Goniometer brauchbar.
 Blattgold zwischen Glas, um dessen Durchsichtigkeit zu zeigen.
 Langer eingetheilter Balken für verschiedene Lichtversuche.
 Gefäße für vier und für eine Kerze für die Lehre von der Abnahme des Lichtes mit der Entfernung. §. 159.
 Photometer. §. 160. 161.
 Vorrichtung für die Camera clara. §. 162.
 Ebene Spiegel belegt und geschwärzt. §. 163.
 Winkelspiegel. §. 163.
 Kaleidostop. §. 163.
 Vorrichtung zur Demonstration des Gesetzes der Zurückwerfung. §. 164.
 Helioskop, einfach oder selbstthätig. §. 165.
 Concav-Spiegel. §. 166.
 Convex-Spiegel. §. 167.
 Kegels-, Cylinderspiegel. §. 167.
 Vorrichtung zur Demonstration des Brechungsgesetzes. §. 168.
 Camera lucida.
 Die sechs Hauptformen der Linsengläser.

- Ein großes Linsenglas von 2 bis 4 Fuß Brennweite.
 Einige Linsengläser von kleiner Brennweite.
 Cylindrische Linse.
 Eine Cylindroloupe.
 Verschiedene Schirme mit weißem Papier von 1 bis 10 Quadratfuß, einer der kleineren mit Strohpapier bezogen.
 Verschiedene Prismen aus Flintglas, Crownglas und für Flüssigkeiten. §. 171.
 Glasconus.
 Abbildung des Spectrums mit den hauptsächlichsten Fraunhofer'schen Linien.
 Verschiebende Schieber und Spalten für die Versuche mit den Prismen. §. 172.
 Oscillirendes Prisma. §. 172.
 Vorrichtung zur Bestimmung des Brechungsindex im Allgemeinen. §. 172.
 Einfaches Spectrometer. §. 173.
 Vorrichtung um farbige Flammen zu erzeugen. §. 173.
 Große hohle Glasugel zur Erläuterung des Regenbogens. §. 174.
 Gefäß von Neusch für denselben Zweck. §. 174.
 Vorrichtung zur Erläuterung der chromatischen Abweichung bei Linsengläsern. §. 175.
 Achromatisches Prisma.
 Achromatische Converlinse.
 Vorrichtung zur Erläuterung der sphärischen Abweichung. §. 176.
 Vorrichtungen zur Erläuterung der Fluorescenz. §. 177.
 Stativ für Demonstrationen an Thieraugen. §. 178.
 Ein sogenanntes künstliches Auge und Brillengläser zur Erläuterung der Kurz- und Weitsichtigkeit.
 Stampfer'sches Oytometer. §. 180.
 Farbenspindel. §. 181.
 Thaumatrope. §. 182.
 Stroboskopische Scheiben. §. 183.
 Figuren aus starkgefärbtem Papiere für subjective Farben. §. 184.
 Vorrichtung von Nürnberg für subjective Farben. §. 184.
 Vorrichtung zur Hervorbringung gefärbter Schatten. §. 185.
 Ein Stereoskop. §. 186.
 Vorrichtung für die Erläuterung des Augenmaßes. §. 187.
 Camera obscura. §. 188.
 Sonnenmikroskop. §. 189.
 Ein zusammengefügtes Mikroskop. §. 190.
 Einfaches Mikroskop mit Beleuchtungsglas. §. 190.
 Hierzu ein Mikrometer.
 Eine Anzahl gut präparirter Probe-Objecte. §. 190.
 Robert'sche Probeplatte.
 Ein Alhita'sches Erdfernrohr — achromatisch. §. 191.
 Ein holländisches Fernrohr.
 Ein astronomisches Fernrohr.
 Vorrichtung zur parallactischen Aufstellung des letzteren. §. 191.
 Linsengläser in Fassungen, um die Theorie der Fernrohre und Mikroskope zu erläutern.
 Ein Spiegelteleskop. §. 192.
 Laterna magica. §. 193.
 Interferenzspiegel. §. 194.
 Interferenzprisma. §. 195.
 Gläser für die Newton'schen Farbenringe. §. 196.
 Vorrichtung, um dieselben vergrößert an der Wand zu zeigen. §. 196.
 Vorrichtung für den Interferenzversuch von Grimaldi. §. 197.
 Verschiedene Spalten und Gitter für die Beugungsversuche, theils am Gellostat, theils vor dem Fernrohr zu gebrauchen. §. 198.
 Vorrichtung, um die Bewegung der Aethertheilchen im polarisirten Lichte zu erläutern. §. 201.
 Polarisationsapparat mit verschiedenen Analysirungsapparaten. §. 202.
 Turmalinlinge. §. 204.
 Verschiedene ein- und zweiarige Krystalle, theils senkrecht, theils parallel zur Axc geschliffen.

- Modell eines Doppelspathes. §. 207.
 Prisma aus Bergkrythall, die Kante parallel zur Axe. §. 207.
 Prisma aus Doppelspath. §. 207.
 Zwei etwas größere Doppelspathe. §. 207.
 Nicol'sche Prismen. §. 209.
 Dünne Blättchen von Gyps und Glimmer. §. 210.
 Dichroitische Krystalle.
 Vorrichtung für die Kreispolarisirung in Flüssigkeiten. §. 218.
 Einige Stückchen rasch gekühlten Glases. §. 219.
 Eine Glaspresse. §. 219.
 Ein Apparat für Daguerreotypie und Photographie. §. 220.

E. Zur Lehre vom Magnetismus.

- Einige gerade Magnetstäbe. §. 221.
 Ein Magnetstab mit Folgepunkten.
 Ein Hufeisenmagnet. §. 224.
 Ein natürlicher Magnet. §. 227.
 Einige Magnetnadeln. §. 228.
 Eine Boussole. §. 229.
 Neigungsnadel. §. 239.
 Verschiedene weiche Eisenstäbchen und Eisenfeile. §. 236.
 Ein Stückchen Nickel.
 Ein größerer Stab aus weichem Eisen. §. 240.
 Magnetische Abweichungs- und Neigungskarten als Wandkarten.

F. Zur Lehre von der Electricität.

- Hollundermark-Kugeln an seidenen und leinenen Fäden, nebst Stativ dazu. §. 246.
 247.
 Amalgam. §. 245.
 Verschiedene Ketten und Haken. §. 246.
 Glasstäbe und Siegellackstäbe. §. 247.
 Elektrische Nadel. §. 248.
 Verschiedene Elektrometer. §. 249.
 Probefcheibchen. §. 257.
 Eine Elektrirmaschine. §. 258.
 Isolirschmel. §. 267.
 Elektrische Spinne. §. 268.
 Elektrisches Glockenspiel.
 Elektrisches Flugrad.
 Golbener Fisch.
 Vorrichtung zum Korkkugels- oder Puppentanz.
 Audiometer nach Volta.
 Elektrische Piskole.
 Isolierte Kugel und isolirter Cylinder. §. 269.
 Vorrichtung für die Wirkung der Spitzen. §. 270.
 Isolierte Kugel mit darüber passenden isolirten Halbkugeln. §. 271.
 Abwickelbares Band von Goldpapier auf isolirtem Cylinder. §. 271.
 Vertheilungsconductoren. §. 272.
 Franklin'sches Quadrat mit trennbaren Belegen. §. 273.
 Franklin'sches Quadrat mit aufgeklebtem Stanuol und ein solches senkrecht auf einem Stativ. §. 273.
 Kleine Leybner Flaschen. §. 274.
 Große Leybner Flaschen für geringe Spannung. §. 274.

- Mittlere Leydner Flaschen für hohe Spannung. §. 274.
 Auslader. §. 275.
 Henley'scher Auslader. §. 276.
 Lanne's Rasflasche. §. 277.
 Vorrichtung zum Pulverentzünden. §. 278.
 Glaspresse.
 Vorrichtung zur Entzündung von Baumwolle.
 Donnerhaus.
 Elektrischer Mörser.
 Elektrisches Thermometer.
 Inductionsweiben für die Entladung der Leydner Flasche.
 Ein Elektrophor. §. 280.
 Condensatoren aus Messing, Zink und Kupfer. §. 282.
 Blitzröhre. §. 283.
 Blitztafel.
 Leuchtender Name.
 Ein etwa zolllanges Stückchen Turmalin. §. 284.
 Vorrichtung für elektrische Versuche im Guericke'schen Vacuum.
 Platten von Kupfer und Zink für den Volta'schen Fundamentalversuch. §. 287.
 Galvanische Säule von 50 Paaren. §. 290.
 Eine Anzahl verschiedener Klemmschrauben und Quecksilbernäpfe. §. 291.
 Ein einzelnes Wollaston'sches Element. §. 292.
 Eine Grove'sche Spirale. §. 293.
 Ein oder einige Daniell'sche Elemente. §. 297.
 Ein oder einige Grove'sche Elemente. §. 298.
 Ein oder einige Bunsen'sche Elemente. §. 299.
 Eine Zamboni'sche Säule. §. 295.
 Handgriffe mit Drähten für physiologische Wirkungen der Kette. §. 302.
 Geflechte Platten aus Kupfer und Zink für gleiche Zwecke. §. 302.
 Ein Blitzrad. §. 303.
 Gefäß für das Einschalten von Drähten und Kohlen in den Strom. §. 304.
 Selbstthätige Vorrichtung für elektrisches Kohlenlicht. §. 304.
 Vorrichtung, um die in Leitern erzeugte Wärme zu messen. §. 305.
 Vorrichtung, um die Kälteerregung durch den elektrischen Strom zu zeigen. §. 307.
 Vorrichtung zur Wasserzersehung. §. 308.
 Wippe, um die galvanische Polarisation zu zeigen. §. 309.
 Vorrichtung für galvanoplastische Versuche. §. 312.
 Vorrichtung zur Demonstration der magnetischen Wirkung des elektrischen Stromes.
 §. 317.
 Mehrere Multiplificatoren. §. 318.
 Eine Tangentenbouffole. §. 321.
 Ein Rheostat. §. 324.
 Verschiedene Drahtrollen von bekanntem Widerstande. §. 325.
 Vorrichtung, um den Widerstand tropfbar flüssiger Körper zu bestimmen. §. 326.
 Ein kleiner Elektromagnet. §. 327.
 Ein großer Elektromagnet zu diamagnetischen Versuchen, nebst hierzu gehörigen Vorrichtungen. §. 327.
 Spirale zum Magnetisiren nach Elias. §. 328.
 Irgend ein Modell einer durch Elektromagnetismus getriebenen Maschine. §. 329.
 Elektrischer Telegraph. §. 330.
 Ampère'sches Gefäß, nebst dazu gehörigen beweglichen Leitern. §. 331.
 Ein unabhängiger Commutator. §. 332.
 Vorrichtung, um die Abhösung der Theile eines Stromes unter sich zu zeigen. §. 334.
 Ein schwimmender Strom. §. 335.
 Ein Solenoid als Inclinatorium. §. 336.
 Verschiedene durch elektrische Ströme und Magnete getriebene Rotationsapparate.
 §. 337.
 Inductionsrollen zu den Fundamentalversuchen. §. 340.
 Größerer Inductionsapparat mit Blitzrad oder Neef'schem Hammer. §. 341.
 Vorrichtung für den Ertrastrom. §. 342.

Weißler'sche Röhren. §. 355.

Runkenanter. §. 358.

Magnetelektritätsmaschine. §. 359.

Vorrichtung, um die magnetische Wirkung rotirender Scheiben zu zeigen. §. 360.

Vorrichtungen für den Diamagnetismus. §. 361.

Einzelnne Thermo-Elemente aus Kupfer und Spießglanz oder Kupfer und Wismuth. §. 364.

Thermosäule. §. 365.

G. Zur Lehre von der Wärme.

Verschiedene Quecksilber- und Weingeist-Thermometer.

Ein Differential-Thermometer. §. 368.

Maximum- und Minimum-Thermometer. §. 369.

Vorrichtung, um die Ausdehnung fester Körper durch die Wärme zu zeigen. §. 370.

Metall-Thermometer.

Modell eines Nothwendels. §. 370.

Modell der Compensation an Taschenuhren. §. 370.

Vorrichtung, um die Ausdehnung tropfbar flüssiger Körper durch die Wärme zu zeigen. §. 372.

Vorrichtung für das Maximum der Dichtigkeit beim Wasser. §. 373.

Calorimeter von Lavoisier.

Barometerröhren mit großem, seitlichem Gefäße mit ausgekochtem Wasser oder Schwefeläther für die Spannung der Dämpfe im leeren Raume. §. 380.

Vorrichtung, um die Wirkung des Condensators bei Dampfmaschinen zu erklären. §. 381.

Gascompressionsapparat. §. 381.

Vorrichtung für die Spannkraft der Wasserdämpfe im luftersfüllten Raume. §. 384.

Wasserhammer. §. 385.

Pulsometer. §. 385.

Bayranischer Topf. §. 385.

Platinhöl zum Leidenfrost'schen Versuche. §. 386.

Holz-, Haar- oder Fischbeinhygrometer. §. 387.

Schwefelätherhygrometer. §. 387.

Psychrometer. §. 387.

Kleiner Kühlapparat von Glas. §. 389.

Verschiedene Schirme u. für strahlende Wärme. §. 389.

Steinsalzplatte und Steinsalzpisma. §. 389.

Kryophor. §. 390.

Heron's rotirende Kugel. §. 391.

Modell zur Schiebersteuerung. §. 392.

Pneumatisches Feuerzeug. §. 395.

Wärmespiegel. §. 397.

Hohler Würfel von Messingblech mit verschiedenen Seiten für Ausstrahlungsversuche. §. 398.

Vorrichtung, um die ungleiche Leitungsfähigkeit bei festen Körpern zu zeigen. §. 401.

Metallstab mit Thermometern für die Fortpflanzung der Wärme.

Reverell'sches Instrument. §. 402.

Vorrichtung um zu zeigen, daß trockbare Körper die Wärme schlecht leiten. §. 403.

Sicherheitslampe. §. 404.

Leuchtender Springbrunnen. §. 407.



Alphabetisches Sachregister.

A.

Abschneiden der Glasröhren 17.
 Absorption der Gase 165.
 Abstoßung zwischen Stromtheilen 533.
 Abwägen der Luft 149.
 Abweichung, sphärische 260.
 — chromatische 259.
 — der Magnethadel 353.
 Adhäsion 92.
 Aeolipile 29.
 Äthen auf Glas 37.
 Aichung des Multiplikators 494.
 — der Tangentenboussole 504.
 Alkoholometer nach Tralles 115.
 Amalgam für Elektricität 357.
 Amalgam, Riemayer'sches 357.
 Amalgamiren des Zinnes 447.
 Ampère's Gestell 522.
 Analyseungsmittel für polarisirtes Licht.
 307.
 Andrieffen's Elektrometer 365.
 Anker der Magnete 340.
 Anlassen des Stahles 40.
 Anstrich, schwarzer, für optische Gegen-
 stände 289.
 Apparat von Pascal für den Boden-
 druck des Wassers 100.
 — von Galbat für den Bodendruck
 des Wassers 102.
 Apparate, Aufbewahrung derselben 1. 11.
 — nöthigste 10.
 Arago's rotirende Scheiben 567.
 Aräometer, Nicholson'sches 109.
 — mit Stalen 111.
 Armatur der Magnete 341.
 Aufbewahrung der Magnete 340.
 Aufbruch des Wassers 103.
 Aufwickeln von Leitungsdrähten 539.
 Auge 263.
 Augenmaß 274.

Ausdehnung der Körper durch die Wärme
 584.

Ausflußgeschwindigkeit 190.
 Aussehen der Barometer 128.
 Auslader 403.
 Auslade-Elektrometer 405.

B.

Balancir 81.
 Bandspiralen 540.
 Barometer 127.
 Beaumé's leichter Fluß 641.
 Becherapparate, Volta'sche 440.
 Biegung des Lichtes 289.
 Biegungsversuche 298.
 Becquerell's farbige Ringe 485.
 Berührungselektricität 428.
 Bewegung 166.
 — zusammengesetzte 67.
 Bilder, elektrische 333.
 Biprisma 292.
 Birmingham-Glas 280.
 Blasebalg, dessen Anfertigung 20.
 Blasebalg, hydrostatischer 99.
 Blasen Sprenger 141.
 Blasrohr der Locomotive 201.
 Blaslich 19.
 Bligrad 462.
 Bligrohr 424.
 Bligtafel 425.
 Bodendruck des Wassers 100.
 Bohnenberger'sches Elektrometer 368.
 — Maschinchen 176.
 Bohren des Glases 14.
 Bohrer für Metall 46.
 Bohrwelle 47.
 Bolognaer Flaschen 91.
 Boussole 345.
 Brechung des Lichtes 229. 243.
 — doppelte 316.
 Brechungscoefficienten 243. 253.

Brückenwaage 89.
 Brunnen, intermittirender 158.
 Bunsen'sche Kette 455.
 Bunsen'scher Brenner 6.
 Büschel, elektrische 426.

C.

Camera clara 233.
 Camera obscura 275.
 Cartesianischer Taucher 106.
 Centralbewegung 170.
 Centrifugal-Maschine 170.
 Centrifugal-Eisenbahn 175.
 Centrifugalpendel 175.
 Chlorstichwaffenplosion 433.
 Clement's Versuch 201.
 Cocoonfaden 362.
 Cohäsion 92.
 Commutator 525.
 Compensations-Pendel 585.
 Compressen der Luft 147.
 — der Gase 597.
 Concavspiegel 239.
 Condensator 421.
 Conversepiegel 243.
 Coulomb's Elektroskop 361.
 Cyankalium 479.
 Cylinderloupes 292.

D.

Daguerreotypie 328.
 Dampfblüthe 593.
 Dampfelektrische Maschine 385.
 Dampfmaschine 619.
 Daniell'sche Kette 450.
 Dauer des Lichteindrucks im Auge 267.
 Declination der Magnetnadel 353.
 Dellmann's Elektrometer 366.
 Diamagnetismus 568.
 Dichtmachen von Fugen 55.
 Differential-Thermometer 583.
 Diffusion der Gase 164.
 Donnerhaus 412.
 Doppelspath mit Glas achromatisirt 309.
 Doppelspathmoell 316.
 Doppelschiff 349.
 Draht, überspannter 494.
 Drahtleitungen 433.
 Drahtziehen 39.
 Drehbank, Einrichtung derselben 8.
 Drehbogen 47.
 Dreher, schifflicher 94.
 Drehwaage, Coulomb'sche 361.
 Drehwerkzeuge 49.
 Druck des Wassers auf den Boden 300.
 Druck, gleichförmige Fortpflanzung des-
 selben 94.

E.

Ebene, schiefe 68.
 Eichung des Multiplikators 494.
 Eichung der Tangentenbohrer 504.
 Ei, elektrisches 563.
 Eisbereitung im leeren Raume 143.
 Eisen für magnetische Versuche 337.
 Elastizität 90.
 Elektrizität, gebundene 397.
 — am Kalkspath 427.
 — am Turmalin 427.
 — durch Berührung 428.
 — im verdünnten Raume 426.
 — durch Druck 427.
 Elektrische Maschine 371.
 Elektromagnete 511.
 Elektromagnetische Motoren 518.
 Elektrometer 361.
 Elektrophor 417.
 Elektroskope 361.
 Elias'sche Spirale 517.
 Endosmose 125.
 Engländer 14.
 Entzündung durch Elektrizität 389.
 Erdmagnetismus 353, 356.
 Erweichen von Stahl und Eisen 39.
 Esfe 2.
 Experimentirtisch 2.
 Extrastrom 543.

F.

Fall auf Bogen und Sehne 179.
 — freier 166.
 — im leeren Raume 150.
 Fallmaschine 166.
 Farben dünner Blättchen 319.
 — subjective 270.
 Farben, Bequerell'sche 485.
 Farbenringe, Newton'sche 294.
 — Nobili'sche 484.
 Farbenspindel 267.
 Fassung der Kristallplatten 315.
 Feilschneidcurven 352.
 Fernröhren 285.
 Fessel'sche Maschine 176.
 Feuerpräge 158.
 Feuerzeug, pneumatisches 627.
 Figuren, Lichtenberg'sche 421.
 Filtriren des Quecksilbers 93.
 Firnis der Kupferstecher 37.
 Firnisse 55.
 Fisch, goldener 387.
 Flammen, farbige 256, 639.
 Flaschenzüge 73.
 Flugrad, elektrisches 387.
 Fluoreszenz 261.
 Form der Magnete 340.

Fortleitung des Schalls in Röhren 210.
 Fortpflanzung der Wärme 628.
 Fortpflanzung, gleichförmige des Druckes
 tropfbarer Flüssigkeiten 94.
 Foucault'sches Pendel 177.
 Fraunhofer'sche Linien 254.
 Frictionsrollen 189.
 Frostdersuch 428.
 Fundamentalversuche für Reibungs-
 electricität 358.
 — galvanische 428.
 — Volta'sche 428.
 Funken an der galvanischen Säule 463.
 Funkenanker 565.
 Funkeninductor 560.

G.

Galvanismus 428.
 Galvanometer 437.
 Galvanoplastik 474.
 Gasbrenner, tragbarer 4.
 Gasbrenner zum Glasblasen 26.
 Gaseinrichtung im Laboratorium 4.
 Gasometer 197.
 Gefäße, communicirende 103.
 Gehörorgan 228.
 Gesetz, Ohm'sches 506.
 Gesetz, Mariotte'sches 130.
 Gestell, Ampère'sches 522.
 Gewicht, specifisches 107.
 — der Gase 149.
 Gewichte 62, 88.
 — Justiren derselben 88.
 Gewichtsverlust untergetauchter Körper
 105.
 Glas, dessen Bearbeitung 13.
 Glas, durchbohrt mittelst Electricität 391.
 408, 565.
 — für elektrische Versuche 357.
 — schnell gekühltes 91, 327.
 — spiralgf. zerschnittenes 18.
 — zersprengt durch Electricität 409.
 — zum Isoliren 357.
 — zum Glasblasen 30.
 Glasbögen 37.
 Glasblasen 19.
 Glasbläserlampe 23.
 Glasbohren 14.
 Glasfäden 91.
 Glaspresse für Polarisation 327.
 Glasröhren 14.
 Glasröhren 37.
 Glasröhren 2.
 Glasröhren 17.
 Glasröhren, Einkleifen derselben 16.
 Glasröhren 91.
 Glasröhren 91.
 Gleichgewicht 62.
 Gleichgewicht schwimmender Körper 104.

Glockenspiel, elektrisches 386.
 Gläsen der galvanischen Leitungsdrähte
 464.
 Gold, durchscheinend 227.
 Goldblatt-Elektrometer 364.
 Grimaldi's Interferenzversuch 297.
 Grove'sche Kette 453.
 Gutta serena 357.
 Gypsblättchen 321.
 Gyrotrop 525.

H.

Haarröhrchen 123.
 Hafen für elektrische Leitung 358.
 Halbkugeln, Nagelburger 141.
 Halbschatten 233.
 Halbat'scher Apparat 102.
 Hare's Spirale 444.
 Hammer, magnetischer 546.
 Handgriffe für Erschütterung durch galva-
 nische Entladungen 461.
 Handluftpumpe 133.
 Harmonika, chemische 218.
 Hartlöthen 51.
 Härten des Stahls 39.
 Hauchbilder 165.
 — elektrische 417.
 Hausenblase 53.
 Hebel 76.
 Heber 152.
 — anatomischer 99.
 — im verdünnten Raume 145.
 — unterbrochener 154.
 Heliostat 236.
 Henley's Ausläder 404.
 Heronsball 145, 149.
 Heronsbrunnen 156.
 Herons rotirende Kugel 619.
 Hoffer'sche Methode beim Magnetisiren
 349.
 Hohlmaße 13.
 Hohlprismen 247.
 Hohlspiegel 239.
 Hollundermark 356.
 Holz zum Verarbeiten 9.
 Hydrodynamik 190.
 Hygrometer 387.

I.

Inclination 354.
 — elektrischer Ströme 534.
 Induction durch die Leydner Flasche 415.
 Inductionsgeß 539.
 Inductionsversuche, elektrische 541.
 Insolation 263.
 Interferenz des Lichtes 288.
 — des Schalles 222.
 Interferenzspiegel 288.

Interferenzprisma 292.
Isolirschmelz 386.
Isolirung der Elektrifirmaschine 378.

R.

Kälte durch den elektr. Strom 467.
Kältemischungen 589.
Kaleidoskop 235.
Kalkspathmodell 316.
Kalkspath zu elektr. Versuchen 427.
Kanone, elektrische 390.
Kautschuk 61.
Kegel, der bergan läuft 75.
Keil 71.
Kernspitze (Körner) 49.
Kette, Wollaston'sche 441.
Ketten zur Leitung der Elektricität 358.
Ketten, constante 449.
Kienmayer'sches Amalgam 357.
Kitten 55.
Kitt aus Kautschuk oder Rennige 55.
Klangfiguren 207.
Klebwachs 289.
Klemme, zum Verschluß von Kautschuk-
röhren 155.
Klemmschrauben 437.
Knie 65.
Kochen des Wassers im verd. Raume 143.
Kohlenlicht, elektrisches 465.
Kolophonium durch Elektricität entzün-
det 411.
Kork 59.
Korkbohrer 60.
Korkfugeltanz 388.
Kräfteparallelogramm 63.
Kraftmaschine, elektromagnetische 518.
Kreispolarisirung 326.
Kryophor 618.
Krytalle, Schleifen u. Fassen ders. 312.
— Spalten derselben 324.
— zweiarige 324.
Krytallisation des Wismuths 598.
Kühlapparat 389.
Kupferfieder=Kirniz 37.

L.

Laboratorium 2.
Labung der Gektrometer 371.
Lampe zum Glasblasen 23.
Lanne'sche Flasche 405.
Längenschwingungen von Stäben 221.
Latente Wärme 588, 616.
Laterna magica 288.
Lederringe für Kolben 98.
Legirungen, leichtflüssige 591.
Leidenfroß's Versuch 606.
Leim 53.
Leimen des Papiers 53.

Leiter, bewegliche 529.
Leitung der Wärme 636.
Leitungsfähigkeit für Elektricität 506.
Leuchtgasleinrichtung 4.
Leydner Flasche 399.
Licht 229.
Licht durch elektrische Ströme 465.
Licht, einfarbiges 292.
Linien, Frauenhofer'sche 254.
Linsengläser 246.
Local, dessen Einrichtung 1.
Locomotivblasrohr 202.
Locomotive 621.
Löthen 49.
— der Platten für galvanische Säu-
len 434.
Löthlampe 29.
Löthrohr für Leuchtgas 52.
Löthwasser 51.
Luftballon 163.
Luftpumpe 132.
Luftpumpenversuche 140.

M.

Masse 12.
Maßflasche, elektrische 405.
Magazine, magnetische 341.
Magdeburger Halbkugeln 141.
Magnete, deren Aufbewahrung 340.
— durch die Leydner Flasche 415.
— künstliche 347.
— natürliche 341.
Magneteelektrifirmaschine 359.
Magnetisiren 347.
— des Stahls durch elektrische Ströme
415, 517.
Magnetismus 337.
Magnetnadeln 342.
Magnetische Wirkung des elektrischen
Stromes 415, 486.
Manometer 148, 159.
Marmorplatte für Elasticitäts-Versuche
90.
Marianotte'sches Gefäß 193.
— Gesetz 190.
Maschinen, Bohnenberger'sche 176.
Maschinen, zusammengesetzte 80.
Mattschleifen des Glases 16.
Maximum- und Minimum-Thermometer
584.
Maximum der Dichtigkeit des Wassers
588.
Mennigkitt 35.
Metallbohrer 46.
Metalle, leichtflüssige 591.
Metalle und deren Behandlung 39.
Mikroskop 278.
Mittagslinie 353.
Mittelheilung der Schallschwingungen 226.

Mittönen der Pfeifen 212.
 Monochord 219.
 Mörser, elektrischer 418.
 Motoren, elektromagnetische 518.
 Multiplikator 487.
 Münch's Säule 443.
 Mutterbohrer 44.

N.

Nadel, elektrische 361.
 Name, leuchtender 425.
 Neigung der Magnetonadel 354.
 Newton'sche Farben 295.
 Robert'sche Skale 278.
 Robill's farbige Ringe 484.
 Strömberg's Polarisationsapparat 304.
 Nonius 12.

O.

Objecte, mikroskopische 280.
 Oelfarbe, magere 289.
 Oelzug der Wittve 156.
 Oerstedt's Trogapparat 446.
 Ohm's Gesetz 506.
 Optometer 266.

P.

Papinianischer Topf 603.
 Parabolische Maschine 169.
 Parallelogramm der Kräfte 63.
 Pascal's Apparat für den Bodendruck 100.
 Pendel 179.
 — an dem Uhrwerk 184.
 Pendel nach Foucault 177.
 Pendel mit hörbarem Schläge 184.
 Pendelschneiden 182.
 Pfeifen 210.
 Phosphoreszenz 263.
 Photographie 331.
 Photometer 230.
 Physikalische Wirkungen der galvanischen Säule 463.
 Physiologische Wirkungen des elektrischen Stromes 461.
 Pipette 155.
 Pistole, elektrische 390.
 Plateau's Versuche mit Seifenblasen 124.
 Polarisation des Lichtes 302.
 — galvanische 473.
 — in Glas 327.
 Polarisationsapparate 303.
 Polirscheibe 182.
 Presse, hydraulische 98.
 Prisma, Nicol'sches 318.

Prismen 246.
 — eskillirende 251.
 Probeische 371.
 Psychrometer 618.
 Pulshammer 602.
 Pumpen 158.
 Purzelmann, chinesischer 82.

Q.

Quadranten-Elektrometer 363.
 Quarzpulver 14.
 Quecksilber, dessen Reinigung 126.
 Quecksilbernäpfe 437.
 Quecksilberregen 146.
 Quecksilbhahn, Mohr'scher 154.

R.

Rab an der Welle 80.
 Reflexion des Schalls 210.
 Reflexion, totale 244.
 Regenbogen 257.
 Reversionsspendel 182.
 Reibung 188.
 Reinigen der Apparate 10.
 — des Quecksilbers 126.
 Rheostat 507.
 Richmann's Regel 626.
 Ringe, farbige, bei KrySTALLen 321.
 — — von Robill 484.
 — — von Becquerell 485.
 Rollen 73.
 Rostpendel 523.
 Rotation durch Elektromagnete 518.
 — — elektrische Ströme 534.
 Röhren, communicirende 103.
 Röhren, Geißler'sche 563.
 Röhre, Toricelli'sche 126.
 — Füllen derselben 126.
 Rückschlag, elektrischer 392.
 Rückstand, elektrischer 366.
 Rutherford's Maximum- und Minimum-Thermometer 584.

S.

Sandwirbel, elektrischer 388.
 Säule, galvanische 433.
 Savart's Versuch über das Mittönen. 212.
 Säule, Zamboni'sche 448.
 Schall 203.
 Schall im verdünnten Raume 142.
 Schatten 233.
 — gefärbte 273.
 Scheiben, rotirende, für Elektromagnetismus 560.
 — stroboskopische 268.

- Schießbaumwolle durch Electr. entz. 410.
 Schießpulver durch Electr. entz. 410.
 — im verb. Raume nicht explosirend.
 144.
 Schirme für optische Versuche 241.
 Schlämmen des Smirgels 18.
 Schleifen der Krystalle 312.
 Schmelzen der Metalle durch Electr. 409.
 Schnellwage 88.
 Schränke zur Aufbewahrung der Appa-
 rate 2.
 Schraube 70.
 — archimedische 71.
 Schraubenbohrer und Backen 41.
 Schraubensteiger 71.
 Schraubenschneiden 45.
 Schraubstäbe 44.
 Schwerpunkt 81.
 Schwimmen, das der Körper 104.
 Schwingungsknoten an Saiten 206.
 — auf Kläfen 207.
 — auf Stäben 206.
 — in Röhren 214.
 Schwingungsmaschine 170.
 Segner'sches Wasserrad 195.
 Sehen 265.
 Seide zu elektrischen Versuchen 366.
 Seide zum Isoliren 366.
 Seidenfaden 356.
 Seifenblasen 295.
 Seilwellen 205.
 Sicherheitslampe 639.
 Sicherheitsröhre 159.
 Sieb der Vesalin 156.
 Sinusbouffole 505.
 Sirene 216.
 Smirgel 18.
 Smirgelpapier 11.
 Solenoid 530.
 Sonnenmikroskop 276.
 Spalten der Krystalle 324.
 Spannungsversuche an der galvanischen
 Säule 460.
 Spannung am Inductionsdrahte 551.
 Specifisches Gewicht 107.
 Spectrum 250.
 Spectrometer 256.
 Spiegel, ebene 234.
 — schwarze 289.
 — sphärische 289.
 Spiegelleistefkope 287.
 Spinne, elektrische 386.
 Spinnmaschine 495.
 Spirale von Glas 517.
 Spirale, Hare'sche 444.
 Spitzen an der Elektricitäts-Maschine 392.
 Sprengkohle 18.
 Springbrunnen, leuchtende 640.
 Stahl 39.
 — für magnetische Versuche 337.
 Stahl, Wiederherstellung desselben 41.
 Standfestigkeit 88.
 Stanniol 400.
 Stativ, verschiedene 230, 465, 470.
 Stechheber 155.
 Stereoskop 273.
 Stimmgabel 222.
 Stimmorgan 227.
 Stoß 186.
 — schiefer 188.
 Stoßheber 195.
 Strich, einfacher, zum Magn. 347.
 Ströme, schwimmende electr. 533.
 Strohhalm-Electrometer 364.

I.

- Tabellen für Aräometerfalten. 119.
 Tangentenbouffole 499.
 Tantalusbecher 153.
 Tanz, elektrischer 388.
 Taucher, Garretts'scher 106.
 Telegraph, elektrischer 521.
 Thaumatrope 268.
 Theilmaschine 113.
 Thermoelectricität 570.
 Thermometer 574.
 Thermosäule 571.
 Thongefäße, poröse 449.
 Topf, Pavinianscher 603.
 Torricelli's Versuch 126.
 Torsionselasticität 92.
 Tragkraft der Magnete 350.
 Trägheitsmoment 184.
 Treppengauler 82.
 Trevellyan-Instrument 636.
 Tribometer 189.
 Triebkraft, elektromagnetische 518.
 Trogapparat, Derstedt'scher 446.
 Turmalin, dessen Electricität 427.
 Turmalinzange 311.

II.

- Ueberwinden des Drahtes 494.
 Unruh-Hemmungen 185.

B.

- Verbrennungsversuche 639.
 Verbrennung von Metall durch Electricität 411.
 Verdichtung der Luft 147.
 Vergolden u. auf galvan. Wege 477.
 Vergrößerung der Mikroskope 281.
 — der Fernrohre 285.
 Versenkungsbohrer 49.
 Versuche mit der Elektricitätsmaschine 386.
 Versuche mit der Leydner Flasche 406.

Versuch von Clement mit ausströmender Luft 201.
 — von Reusch über Rauchringe 202.
 Vertheilung der Electricität auf der Oberfläche des Leiters 393.
 Vertheilung der Electricität 395.
 — des Magnetismus 352.
 Voltameter 472.
 Volumeter 111.

W.

Wage 84.
 Wagmanometer 147.
 Wägen 86.
 Wärme durch elektrische Ströme 466.
 — latente, des Dampfes 616.
 — — des Wassers 588.
 — specifische 562.
 — strahlende 628.
 Wärmespiegel 628.
 Wärmeleitung 636.
 Wasser, getrübt, für opt. Zwecke 244.
 Wasserhammer 602.
 Wasserrad, Segner'sches 195.
 Wasserstrahl, elektrificirter 388.
 Wasserstrahl, fentresther 191.
 Wassertrommelgebläse 200.
 Wasserzersehung durch Electricität 468.
 Weichlöthen 50.
 Wellenbewegung an Spiralsdrähten 203.
 Wellenbewegung in elastischen Flüssigkeiten 208.
 Wellen tropfbarer Körper 204.
 Wellen an Seilen 205.
 Werkzeuge 7. 41.

Widerstand der Gase in Röhren 200.
 Widerstandsrolle 510.
 Windbüchse 103.
 Winde 81.
 Windkessel 158.
 Winkelspiegel 234.
 Wirkung, physiologische, des elektrischen Stroms 461.
 Wirkung, chemische, des elektrischen Stroms 468.
 — magnetische, des elektrischen Stroms 486.
 — physikalische, des elektrischen Stroms 463.
 Wismuthkryalle 593.
 Wolfaston'scher Becherapparat 441.
 Wurfbewegung 169.

Z.

Zamboni's Säule 448.
 Zauberbecher 153.
 Zauberbrunnen 158.
 Zauberkanne 156.
 Zaubertonne 157.
 Zaubertrichter 155.
 Zersehungen, chemische, durch Electricität 468.
 Zink, das Amalgamiren desselben 447.
 Zink-Eisenfette 460.
 Zündung durch Electricität 411.
 Zündmaschine 160.
 Zurückwerfung des Lichtes 235.
 — des Schalles 210.
 Zurückwerfung, gänzliche 244.